STRECKER

JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

I. JAHRGANG 1912

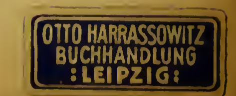
1 — 9. Jahrg

90

4 u. 6







JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMTGEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN
VON
DR. KARL STRECKER

ERSTER JAHRGANG
DAS JAHR 1912



MÜNCHEN UND BERLIN 1913
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

Vorwort.

Die „Fortschritte der Elektrotechnik", welche als Berichte über die gesamte elektrotechnische Literatur von 1887 bis 1911 mit Unterstützung und zum Teil im Auftrage des Elektrotechnischen Vereins erschienen sind, konnten wegen der hohen Herstellungskosten und des verhältnismäßig geringen Absatzes nicht in der ursprünglichen Form fortgeführt werden. Da indessen für eine Literaturübersicht ein Bedürfnis besteht, wird im vorliegenden Bande eine solche in etwas knapperer Form geboten. Sie umfaßt die wichtigen Erscheinungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik während des Jahres und berichtet darüber im Zusammenhange.

Die Einteilung des Stoffes lehnt sich an die der „Fortschritte der Elektrotechnik" an; der Zeitraum, über den berichtet wird, ist etwa 1. November 1911 bis 31. Oktober 1912. Für jedes Sondergebiet ist ein bewährter Fachmann als Berichter, im ganzen etwa 40 Mitarbeiter, gewonnen worden; dies bietet den großen Vorteil, daß die Berichte aus durchaus sachverständiger Feder stammen. Soweit es möglich war, ist nach Gleichmäßigkeit der Berichte gestrebt worden.

Daß das Jahrbuch erst gegen Ende des Jahres erscheint, lag nicht in der Absicht. Der zweite Jahrgang soll im Frühjahr 1914 herauskommen.

Berlin, November 1913.

Strecker.

Inhaltsverzeichnis.

A. Elektromechanik.

B. Elektrochemie.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

I. Allgemeines.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1912. Von Oberingenieur Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Vereinswesen und Kongresse. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin. — Bildungswesen. Von Prof. Dr. Joseph Epstein, Frankfurt a. M. — Sozial-Technisches. Von Dr. Bruno Thierbach, Köln. — Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik. Von Postrat Dr. Triloff, Berlin. — Technisch-Wirtschaftliches. Von Dr. Bruno Thierbach, Köln. — Technische Vorschriften und Normalien. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1912.

Deutschland.

Eine Ausstellung größten Stiles hat im vergangenen Jahr in Deutschland nicht stattgefunden. Um so mehr wurden aber kleinere Ausstellungen lokalen Charakters abgehalten, welche sich ausschließlich mit dem Thema der Anwendung der Elektrizität in Haus, Gewerbe und Landwirtschaft befaßten. Unter ihnen dürften die bedeutendsten die in Leipzig und Nürnberg gewesen sein.

Diese Häufung von Ausstellungen ist natürlich der Fabrikation nicht bequem, weil ihr dadurch nicht unbeträchtliche Belastungen zugemutet werden. Die Vereinigung Deutscher Elektrizitätsfirmen und der Verein zur Wahrung gemeinsamer Wirtschaftsinteressen der Deutschen Elektrotechnik hat sich denn auch wiederholt mit der Angelegenheit beschäftigt und eine Resolution gefaßt, in der zunächst ausgesprochen wird, daß zu viele elektrotechnische Fachausstellungen stattfinden, der Nutzen für die elektrotechnische Fabrikationsindustrie verschwindend gering sei, ihr dagegen erhebliche Aufwendungen an Geld, Zeit und Arbeitskraft auferlegt würden, die zumeist als verloren angesehen werden müßten. Es wurde demgemäß an die verschiedenen Kreise der Elektrotechnik die Bitte gerichtet, eine weise Mäßigung walten zu lassen und vor allem das Bedürfnis der elektrotechnischen Fabrikationsindustrie festzustellen.

Es muß jedoch auch betont werden, daß auf diesen Ausstellungen wohl auch noch andere Interessen mitsprechen, vielleicht sogar noch in höherem Maße, als die der Fabrikanten allein; so daß es zum mindesten fraglich erscheint, ob die Veranstalter sich auf den einseitigen Standpunkt stellen sollen, nur die Wünsche der letzteren zu berücksichtigen. Die Hauptinteressenten sind nächst dem konsumierenden Publikum die Elektrizitätswerke und die Installationsfirmen. Allenthalben wird eine rege Propaganda für die Ausbreitung der Anwendung der Elektrizität für nötig erachtet und getrieben, um den Stromabsatz der Elektrizitätswerke zu steigern. In fast allen Fällen haben die Elektrizitätswerke, seien sie Privatunternehmungen oder kommunale Werke, erhebliche Opfer für das Zustandekommen solcher Propagandaausstellungen gebracht und damit die Richtig-

keit obiger Behauptung bewiesen. Auch die Installateure, denen die geschäftliche Propaganda etwas schwerer fällt als den Fabrikationsfirmen, welche zu diesem Zwecke ausgebreitete Verkaufsorganisationen besitzen, haben solche Ausstellungen immer gerne begrüßt und für vorteilhaft gehalten. Die in dieser Beziehung erwarteten Erfolge sind auch nicht ausgeblieben, wie wenigstens der Verfasser auf Grund seiner in Nürnberg persönlich gemachten Erfahrungen berichten kann. Vielfach waren auch die elektrotechnischen Fachvereine an der Abhaltung solcher Ausstellungen stark beteiligt und zwar in ganz richtiger Erkenntnis, daß es zu ihren vornehmsten Aufgaben gehört, zur Belehrung und Aufklärung des Laienpublikums beizutragen und das Fach diesem gegenüber zu vertreten.

Wenden wir uns den einzelnen Veranstaltungen zu, so können wir unterscheiden zwischen solchen, die nur die verschiedenen Anwendungsarten enthielten, und solchen, die darüber hinausgehend das Publikum auch noch allgemein belehren wollten. Es ist damit keineswegs gesagt, daß jene nicht auch belehrend für das Publikum gewirkt hätten — stellenweise wurden sogar Vorträge abgehalten — jedoch war es bei den Ausstellungen der zweiten Art eine klar durchgeführte Absicht, über die übliche Demonstration der Anwendungsformen hinausgehend dem Publikum auch noch einen tieferen Einblick, ein Verständnis der Vorgänge selbst zu vermitteln. —

Zu den Ausstellungen, die sich auf die Vorzeigung der verschiedenen Anwendungen beschränkten, gehörten die folgenden:

Stuttgart, 1. Dezember 1911 bis 15. Januar 1912 „Die Elektrizität im Haus“. Die Ausstellung wurde durch die Zentralstelle für Gewerbe und Handel durchgeführt unter Mitwirkung und Unterstützung des Städtischen Elektrizitätswerkes Stuttgart und einer Reihe von Überlandzentralen aus der Umgebung. Der elektrotechnische Verein in Stuttgart und der Verband Deutscher Elektrotechniker beteiligten sich an dem Werke.

Im Februar fand zu Schwenningen a. N. eine elektrotechnische Ausstellung statt, die vom Städtischen Elektrizitätswerk in der Hauptsache nur deshalb veranstaltet wurde, um die kurz vorher konzessionierten Installationsfirmen beim Publikum einzuführen.

In Wilhelmshafen fand im Mai eine Ausstellung unter der Bezeichnung „die Elektrizität im Haushalt und Gewerbe“ statt.

Vom 21. September bis 19. Oktober war in Krefeld die Ausstellung „die Elektrizität in Haus und Hof“. In die Arbeit, in Kosten und Stromlieferung teilten sich das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk und die Stadt Krefeld, welche außerdem noch dazu 20000 Mark bewilligt hatte. Es wurde die Verwendungsmöglichkeit der elektrischen Energie in Haus, Kleingewerbe und Landwirtschaft gezeigt. Die Ausstellung hatte nach den Berichten einen vollen Erfolg.

Neuhaldensleben veranstaltete gleichfalls im September eine elektrotechnische Ausstellung, die vom Städtischen Elektrizitätswerk durchgeführt wurde.

Die nun anzuführenden Ausstellungen wollten in wohl vorbereiteter Absicht das konsumierende Publikum besonders belehren.

In erster Linie ist die Ausstellung zu Leipzig im Juni 1912 zu nennen. Sie schloß sich an die Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker an (wie die Münchener Ausstellung des Jahres 1911). An ihr wirkten die verschiedensten Faktoren, insbesondere das Städtische Elektrizitätswerk und die elektrotechnische Vereinigung mit und es kam auch eine recht bedeutende und umfangreiche Ausstellung zustande. Allerdings wurde das Thema: „Elektrische Ausstellung für Haus, Gewerbe und Landwirtschaft“ nicht ganz genau eingehalten, sondern in mancher Beziehung überschritten. Doch will dies selbstverständlich keineswegs als abfällige Kritik aufgefaßt werden. Es sei nur festgestellt, daß die Leipziger die einzige Ausstellung war, die aus dem engeren Rahmen der übrigen hervorgetreten ist. In Leipzig tauchte nun zum ersten Male eine belehrende Abteilung auf. Es ist ganz interessant, daß die Leipziger und Nürnberger ganz

unabhängig von einander auf denselben Gedanken kamen und ihn auch unabhängig von einander durchführten. So kam es, daß bedeutende Unterschiede zu bemerken waren.

Die belehrende Abteilung bot bereits sehr viel gutes, doch war manches speziell für das konsumierende Publikum entbehrlich. Viel gutes enthält der Katalog in seiner einleitenden Abhandlung. Auch die Themen der Vorträge waren größtenteils sehr geeignet, das Publikum aufzuklären.

Immerhin trat bei dieser Ausstellung, welche fast 200 Katalognummern aufwies, die Belehrung und Aufklärung des Publikums nicht in den Vordergrund, sondern bildete mehr einen, vielleicht nicht einmal gänzlich gleichberechtigten Teil des Ganzen.

Die Ausstellung in Nürnberg vom 25. August bis 30. September hingegen verfolgte von allem Anfang an in ganz bewußter Weise die Hauptabsicht der Belehrung und Aufklärung des Publikums. Alle Vorbereitungen, die ganze Aufmachung war darauf zugeschnitten. Die Ausstellung der Firmen stellte demgegenüber nur ein Anhängsel vor (allerdings ein recht bedeutendes, denn es waren immerhin weit über 100 Aussteller). Man wollte ursprünglich sogar die Lehrausstellung ganz allein ohne jede Beteiligung von Firmen abhalten und hat diese Abteilung erst in zweiter Linie geschaffen, als von Seite der Installateure und Fabrikanten dahingehend Wünsche laut wurden.

Der Mittelpunkt der ganzen Ausstellung war ein großer Saal mit der Darstellung und Erläuterung derjenigen elektrischen Erscheinungen, die in Haus, Gewerbe und Landwirtschaft zur Anwendung kommen. Um den Überblick zu erleichtern, war der Stoff eingeteilt in Vorgänge innerhalb des Leiters (Wärme und Elektrochemie) und solche außerhalb desselben (Magnetismus und Induktion). Eine dritte Abteilung befaßte sich mit denjenigen Maßen und Meßgeräten, mit denen das Publikum notgedrungen in Berührung kommt. Es wurde hauptsächlich darauf gesehen, daß die Versuche in sinnfälliger Weise arrangiert wurden. Große, ungemein kräftige Apparate, die großenteils eigens angefertigt wurden, mit weithin sichtbaren und auffälligen Wirkungen. Es wurden nur Experimente, jedoch gar keine Gesetze demonstriert. Trotzdem man die Absicht hatte, das Publikum selbst experimentieren zu lassen, zeigte sich, daß ungeachtet der hierfür besonders stark angefertigten und sicheren Apparatur dies nicht zu empfehlen ist. Statt dessen wurde dann ein ununterbrochener Dienst zur Führung und Erklärung eingerichtet. Besonders sinnfällig war die Darstellung des Kilowatt als Licht- und Kraftleistung, sowie der Kilowattstunde (letztere in Gestalt einer Menge von gewerblichen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen, welche gerade mit dieser Leistung hergestellt worden waren). Diese Darstellung des Kilowatt und der Kilowattstunde ist vollständig neu gewesen und hat ziemlich weitgehendes Aufsehen und Interesse erregt.

Eine weitere Abteilung führte die verschiedenartigsten Installationsarten vor (z. B. trockene, feuchte und explosionsgefährliche Räume), ferner eine Reihe von vorschriftswidrigen Installationen.

Die Ausstellung enthielt einen Vortragssal, in dem regelmäßig belehrende Vorträge abgehalten wurden, wie überhaupt für fortwährende Führungen und Erklärungen gesorgt worden war. Es fanden spezielle Führungen und Vorträge für Juristen und Verwaltungsbeamte und im Wechsel mit den Vorträgen kinematographische Vorstellungen statt, welche ausschließlich wissenschaftliche Films vorführten (elektrische und magnetische Experimente, Bilder aus den Naturwissenschaften und Gewerben).

Die Ausstellung der Firmen hatte sich sehr hübsch dem belehrenden Zweck angepaßt. Es war so ziemlich alles in Betracht Kommende vertreten ohne ermüdende Wiederholung. Bäckerei, Fleischerei, Holz- und Metallbearbeitung, Eiserzeugung, Büromaschinen, landwirtschaftliche Maschinen, elektrisches Brüten und Melken wurden im Betrieb vorgeführt.

Die Ausstellung war durch die elektrotechnische Gesellschaft, Nürnberg, unter dem Protektorat des Regierungspräsidenten von Mittelfranken, ferner mit Unterstützung und Förderung der Städtischen Behörden von Nürnberg und Fürth (Elektrizitätswerke), des Großkraftwerks Franken und zahlreicher anderer Faktoren veranstaltet worden. Der Landrat des Kreises, sowie die Ministerien des Äußern und Innern unterstützten die Sache mit namhaften Zuschüssen.

Der Erfolg dei Ausstellung ist in jeder Beziehung ein sehr guter gewesen. Der Einfluß auf die Anschlußbewegung und auf den Gang des Installationsgeschäftes ist noch heute zu bemerken.

Vollständig neu in seiner Art war auch der Katalog dieser Ausstellung, auch hier war das Hauptgewicht auf Belehrung des Publikums gerichtet. Der Katalog enthält wertvolle, zum Teil neue Daten über Strombedarf verschiedener Gewerbe, Preise verschiedener Anlagen und sonst noch vieles Nützliche. Der Katalog war kurz vor Schluß der Ausstellung ausverkauft und mußte noch nach Schluß der Ausstellung nachgedruckt werden wegen großer Nachfrage — gewiß ein Unicum. Er wird als wertvolles Nachschlagebüchlein noch heute bei der Propagandatätigkeit von Elektrizitätswerken und Installationsfirmen gerne benützt.

Die elektrische Ausstellung in Mainz für Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft fand vom 19. November bis 8. Dezember statt. Diese Ausstellung war hauptsächlich vom Elektrizitätswerk Mainz veranstaltet worden und lehnte sich in vielem eng an die Nürnberger an. So z. B. war die ganze Lehrausstellung von Nürnberg nach Mainz überführt worden. Der Katalog war auf Grund von Vereinbarungen eine Wiedergabe des Nürnberger Kataloges. An der Anordnung der Lehrausstellung waren hier noch weitere Verbesserungen angebracht worden hinsichtlich des Zutritts des Publikums. Auch die Firmenausstellung war in jeder Beziehung gelungen und dem ganzen Unternehmen wird ein schöner Erfolg nachgerühmt.

Die Mainzer und die Nürnberger Ausstellung haben ein neues Moment in die elektrischen Fachausstellungen gebracht. Bei ihnen kam das Reklamebedürfnis und Geschäftsinteresse der ausstellenden Firmen erst in letzter Linie. An erster Stelle stand die Belehrung des konsumierenden Publikums, und im engsten Zusammenhang damit Propagierung der Anwendung der Elektrizität.

Ausstellungen im Ausland.

Im Ausland lagen die Verhältnisse ähnlich wie in Deutschland. Größere umfassendere Ausstellungen, auf denen die Elektrizität eine Hauptrolle gespielt hätte, haben nicht stattgefunden. Wenigstens wissen davon die führenden Zeitschriften nichts zu bericthen.

Dagegen wurden nicht wenige elektrische Fachausstellungen von lokaler Bedeutung und mit ähnlichen Tendenzen abgehalten wie die deutschen — sie waren mit wenig Ausnahmen dem Gewerbe, der Landwirtschaft und dem häuslichen Gebrauch gewidmet. (Meist wurden sie von öffentlichen oder wissenschaftlichen Körperschaften veranstaltet.) Daraus folgt doch, daß ganz allgemein ein Bedürfnis für diese Darbietungen besteht, daß kurzdauernde Fachausstellungen von vorwiegend lokaler Bedeutung eine notwendige Entwicklungsstufe in dem gegenwärtigen Ausbau der Errungenschaften der letzten Jahrzehnte darstellen. Auf einiges Bemerkenswerte bei diesen fremdländischen Veranstaltungen werde ich bei dem Bericht über die einzelnen Unternehmungen zu sprechen kommen. Die Spezialisierung ist da stellenweise noch weiter gegangen wie bei uns.

Die Reihe eröffnete im Januar Bergen in Norwegen mit einer kleineren Veranstaltung, darauf folgte im März eine Ausstellung in London, die jedenfalls für englische Städte sehr charakteristisch war, nämlich eine Rauchbekämpfungsausstellung, veranstaltet von der Coal Smoke Abatement Society, auf der das elektrische Restaurant eine große Rolle gespielt zu haben scheint, überhaupt das elektrische Kochen. Die Haushaltungen tragen ja in sehr beträchtlicher Weise zur Rauchplage bei, oft sogar mehr als die Industrie.

Im Juni fand in Islington (England) eine „Non Ferrous Metals Exhibition“ statt, in der die Anwendung der Elektrizität für metallurgische Zwecke gezeigt wurde, Magnetabscheider, fittings für Beleuchtung, elektrische Antriebe und elektrische Schmelzung und Scheidung. Ebenfalls im Juni war in Grimsby eine „Trades exhibition“. Gas und Elektrizität wurden vorgeführt, letztere überwog.

Eine ganze Reihe von Veranstaltungen war im September und Oktober. In Newcastle (England) veranstaltete die Newcastle Electr. Supply Co. ihre zweite elektrische Ausstellung zu Propagandazwecken. — In Glasgow fand eine Rauchbekämpfungsausstellung statt. — In Westham gab es eine Fachausstellung für Trambahnmaterial gelegentlich der Jahresversammlung der Straßenbahnfachmänner. — In Boston und Newyork waren lokale Ausstellungen für Propaganda der Anwendung in Haus, Gewerbe und Landwirtschaft; von beiden wird über starken Besuch und guten Erfolg berichtet. Beide Veranstaltungen gingen größtenteils von der Edisongesellschaft aus. Es waren außerdem auch Kraftwagen und Zentralenmodelle zu sehen. — Bemerkenswert scheint noch eine Veranstaltung in South Framingham (Mass.) gewesen zu sein, die Electric Farm exhibition, also eine speziell landwirtschaftliche Fachausstellung. — In Olympia (England) fand unter Aegide der Machine Pool and Engineering Association Lim. eine auch aus Deutschland beschickte Werkzeugmaschinenschau (mit elektrischem Antrieb) statt. — Endlich fiel in den Oktober noch eine „Electric Railway Exhibition“ in Chicago.

Den Schluß machte im November Olympia, wo die 11. Internationale Motorausstellung abgehalten wurde. Veranstalterin war die Society of Motor Manufacturers and Traders.

Außerdem sollen in Baku (Motoren, Automobile), in Prag (Radiologie) und in Reims (Landwirtschaftliche) Ausstellungen stattgefunden haben, über deren Termine und Organisation nichts näheres in die Öffentlichkeit gedrungen zu sein scheint.

Eine für den Haag (Holland) geplante Propagandaausstellung wurde wegen verschiedener Umstände (Streiks usw.) wieder abgesagt.

Die Charakteristik des gegenwärtigen Ausstellungswesens auf dem Gebiete der Elektrotechnik entspricht dem Gesamtbild des Faches — ein in ruhigerem aber mächtigem Strom sich entwickelnder Ausbau der Errungenschaften, die sich in früheren Jahren in sich überstürzender Fülle drängten. Man bemüht sich, wie durch sonstige Kanäle und Wege, so auch durch allerlei Schaustellungen die Möglichkeiten und Vorteile der Elektrizität den weitesten Bevölkerungskreisen zuzuführen. Es erübrigt sich wohl über die Berechtigung, Nützlichkeit und volkswirtschaftliche Notwendigkeit auch dieser Bestrebungen, die letzten Endes doch auch wieder der Industrie zugute kommen, noch ein Wort zu verlieren.

Vereinswesen und Kongresse.

Der Verein zur Wahrung gemeinsamer Wirtschaftsinteressen der deutschen Elektrotechnik hielt am 17. April in Berlin seine Hauptversammlung ab, mit welcher die Feier seines 10jährigen Bestehens verbunden war. Der Syndikus des Vereins gab in einem Rückblick ein Bild der bisherigen Tätigkeit seit der Gründung.[1]) Im Anschluß hieran wurde die Frage der elektrotechnischen Fachausstellungen, die sich im Laufe der letzten Zeit zu einer schweren Belastung der Industrie ausgebildet haben, behandelt. Es wurde gezeigt, daß die Zahl dieser Ausstellungen so außerordentlich gewachsen ist, daß eine Beschränkung erwünscht sei. In einer Resolution wurde die Ansicht der beteiligten Fabrikanten dahin festgestellt, daß es erwünscht sei, bei der Veranstaltung von Fachausstellungen eine weise Mäßigung walten zu lassen und die Bedürfnisfrage, soweit sie die Fabrikationsindustrie berührt, zu prüfen.

In der Zeit vom 16. bis 19. Mai veranstaltete die Deutsche Bunsen-Gesellschaft in Heidelberg ihre Hauptversammlung, auf welcher das Thema „Die neuere Entwicklung der Spektralanalyse“ besonders behandelt wurde.[2])

Am 6. und 7. Juni fand die XX. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Leipzig statt, deren Thema lautete: „Bau großer Kraftwerke“. Der Vortragende, Prof. Dr. Klingenberg, behandelte die Fragen, welche bei der Wahl der Maschinensätze, des Dampfdruckes, Umlaufszahl der Maschinen, Antrieb der Hilfsbetriebe und der Grundrißanordnung zu prüfen sind. Weiter beschäftigte er sich mit der zweckmäßigen Anordnung der Kessel, deren Aufstellung, Wahl der Überhitzer, Ausführung von Kohlenbunkern und Rohrleitungen. Die Ausführung der Schaltanlagen sowie die Lage des Werkes im Verhältnis zum Konsumgebiet wurde sodann eingehend behandelt und schließlich die Kosten der Energieübertragung auf elektrischem Wege im Vergleich zu den Transportkosten der Kohle rechnerisch verfolgt. Schließlich wurde eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung der Gestehungskosten elektrischer Energie gegeben und an Anwendungsbeispielen gezeigt, wie heute moderne Kraftwerke zu errichten sind. Im Anschluß hieran behandelte Bartel[3]) die Frage der Verwendung geringwertiger Brennstoffe sowie die einheitliche Versorgung Deutschlands mit elektrischer Energie. Außer dem Hauptthema wurden noch einige andere Vorträge gehalten, von denen derjenige von Teichmüller über Elektrotechnik und Moorkultur (Das Kraftwerk im Wiesmoor) besonders erwähnt sei.[4]) Der Vortragende wies darauf hin, welche große Bedeutung die Kultivierung der deutschen Moore in volkswirtschaftlicher Beziehung besitzt. Es können nicht nur weite Gebiete mit Energie versorgt werden, sondern es wird auch neues Kulturland erschlossen. Die Art der Verwertung des Torfes in den Überlandwerken, die entweder in Verbrennung oder in Vergasung bestehen kann, wird beschrieben. Hieran schließt sich eine besondere Behandlung des Werkes im Wiesmoor. A. Rittershaussen sprach sodann noch über die Verwendung von Wärmespeichern und deren Konstruktion. Mit solchen Apparaten läßt sich eine wirtschaftliche Erzeugung warmen Wassers ermöglichen, indem die elektrische Energie besonders während der Nachtstunden Verwendung finden kann. Die Benutzung solcher Wärmespeicher bildet demnach eine außerordentlich zweckmäßige Belastung für Elektrizitätswerke und ist geeignet, dem elektrischen Kochen eine größere Verbreitung zu geben. Der Generalsekretär Dettmar berichtete über die Arbeiten des verflossenen Jahres und über die Ergebnisse der Kommissionstätigkeit. Über letztere siehe den besonderen Bericht unter „Technischen Vorschriften und Normalien“.

In den Tagen vom 10. bis 13. Juni fand in Seattle die Jahresversammlung der National Electric Light Association statt. Die Vorsitzenden der Ausschüsse über Kraftmaschinen und Werke gaben Berichte über die geführten Verhandlungen. G. Faccioli hielt einen interessanten Vortrag über das Auftreten der Korona. Munero behandelte die Frage des Anschlusses städtischer Wasserwerke an die elektrische Zentrale und zeigte, daß die Wirtschaftlichkeit der Zentralen wesentlich gehoben werden kann durch elektrischen Betrieb der städtischen Wasserversorgungsanlagen. Ebenso wurde auch die Wichtigkeit des elektrischen Betriebes bei der Eisherstellung, der Ventilation und der Wäschereimaschinen behandelt. Der Ausschuß für Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft brachte Versuchsmaterial über elektrische Antriebe, Arbeitskosten, Energieverbrauch und Gesamtkosten. Von großem Interesse war auch der Bericht des Ausschusses betreffend Konkurrenz des elektrischen Lichtes mit Gas. Es wurde dabei gezeigt, daß vielfach das elektrische Licht billiger sei als Gasbeleuchtung, wenn die Kosten richtig berechnet werden. Insbesondere wurde auch auf den Unterschied in der Lichtstärkenmessung hingewiesen und es wurde gezeigt, daß bei der Messung der Auerstrümpfe vielfach besondere Exemplare Verwendung finden, welche eine hohe Lichtstärke, aber geringe Lebensdauer besitzen.

Vom 12. bis 14. Juni hielt in Kiel die Vereinigung der Elektrizitätswerke ihre XXI. Hauptversammlung ab. In der Eröffnungsrede führte der Vorsitzende Meng aus, daß die Tätigkeit der Vereinigung der Elektrizitätswerke, welche sich bisher vornehmlich auf technischem Gebiete bewegt hat, in Zukunft immer mehr nach der wirtschaftlichen Seite hin zu suchen sein wird. Tillmetz hielt einen Vortrag über die Gewinnung von Elektrizität aus Kehricht und Wikander über die Verwendung des elektrischen Kochens. Die Kommissionsberichte ließen erkennen, daß die genannte Vereinigung eine außerordentlich intensive Tätigkeit entfaltet, was auch zur Folge hatte, daß die auf der Jahresversammlung zur Erledigung stehenden Punkte nur durch angestrengte Tätigkeit erledigt werden konnten.

In den Tagen vom 15. bis 19. Juni veranstaltete der Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen Deutschlands seine 10. Jahresversammlung. Epstein hielt einen Vortrag über die Anforderungen an den Elektroinstallateur und wies hierbei besonders auf die Wichtigkeit der richtigen Anordnung der Beleuchtungskörper hin. Honhoff behandelte das Ausbildungswesen der Lehrlinge und Gesellen. Es wird den Installateuren der Anschluß an die Handwerks- und Gewerbekammern empfohlen. Kuckuck-Dortmund macht den Vorschlag zur Schaffung von Einheitspreisen für das elektrotechnische Installationsgewerbe, wodurch solide Arbeit und der einem guten Installateur zukommende Gewinn sichergestellt werden soll.

Der Internationale Straßen- und Kleinbahn-Verein tagte im Jahre 1911 in Christiania und zwar in der Zeit vom 2.—5. Juli. Kühlis behandelte das Thema „Siedelungspolitik und Verkehrswesen", wobei die sogenannten gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen unter Wahrung der Majorität für die Gemeinden behandelt wurden. Busse sprach über die Riffelbildung auf den Schienenfahrflächen und gelangte zu dem Ergebnis, daß die Ursache in erster Linie in der Herstellung der Schienen zu suchen sei, daß aber auch im Betriebe Maßnahmen getroffen werden können, welche die Riffelbildung vermindern. Buschbaum hielt sodann einen Vortrag über die deutschen Erdstromvorschriften.

In der Zeit vom 28.—30. Oktober fanden die Generalversammlungen des Verbandes schweizerischer Elektrizitätswerke und des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins in Zürich statt. Ringwald behandelte die Tariffrage, wobei er einen von ihm eingeführten Tarif mit billigeren Sommerpreisen und höheren Winterpreisen beschrieb. Die Kommission für Schutzvorrichtungen gegen Überspannung berichtete über ihre Arbeiten, wobei festgestellt wurde, daß die Verwendung der Kondensatoren in der Schweiz zunimmt, und daß auch zum Teil hiermit gute Erfolge erzielt worden seien. Die Arbeiten sind aber keineswegs abgeschlossen und sollen fortgesetzt werden. Der Verein beschloß, in Gemeinschaft mit dem Verbande schweizerischer Elektrizitätswerke ein ständiges Generalsekretariat einzurichten. Außerdem nahm der schweizer Verein in Aussicht, in Zukunft mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker in verschiedenen Kommissionen zusammen zu arbeiten und tunlichst einheitlich vorzugehen.

Der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen hat im Jahre 1912 wiederum einige Arbeiten fertiggestellt, so daß er nunmehr folgende 4 Sätze herausgegeben hat:

Satz 1: Der Wert des mechanischen Wärmeäquivalents.
Satz 2: Leitfähigkeit und Leitwert,
Satz 3: Temperaturbezeichnungen,
Satz 4: Einheit der Leistung.

Außerdem hat er eine erste Tabelle über Formelzeichen aufgestellt.[5])

[1]) El. Z., 1912, p. 459. — [2]) Z. El. Chemie, 1912, p. 405. — [3]) El. Z., 1912, p. 705. — [4]) El. Z., 1912, p. 1255 ff. — [5]) El. Z., 1912, p. 963.

Bildungswesen.

Fortschritte im Ausbildungswesen vollziehen sich stetig im Unterrichtsbetriebe der einzelnen Anstalten. Sie treten im allgemeinen nur an die Öffentlichkeit, soweit einzelne Fragen der Diskussion unterliegen, ohne deshalb gerade dem Fortschritt des einzelnen Jahres zu entsprechen.

Allenthalben war die öffentliche Behandlung grundsätzlicher Unterrichtsfragen im Fluß. Hierbei ergab sich übereinstimmend in Deutschland, England, Amerika die Erkenntnis, daß die Kernfragen für das elektrische Gebiet keine spezifische Gestalt gewinnen und daß es sich darum empfiehlt, sie gemeinsam für das Gesamtgebiet des Ingenieurwesens zu behandeln.

In Deutschland wirkt seit einer Reihe von Jahren der deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen, gebildet aus Vertretern der Industrie, des Unterrichtswesens und der in Betracht kommenden Regierungskreise. Im abgelaufenen Jahre erschienen von ihm Bd. 3: „Arbeiten auf dem Gebiete des technischen niederen Schulwesens“ und Bd. 4: „Berichte aus dem Gebiete des technischen Hochschulwesens“, welche Fundgruben für die in Betracht kommenden Fragen und für einen Einblick in die Stellung sind, die führende Männer zu ihnen einnehmen. Der Verband deutscher Elektrotechniker hat seinerzeit seine eigene Kommission für praktische Ausbildung der Studierenden als solche aufgelöst und ihre Arbeiten in den deutschen Ausschuß für technisches Schulwesen übergeleitet, und nimmt an dessen Arbeiten teil. Das Educational Committee des American Institute of Electrical Engineers beschränkt in seinem vorläufigen Bericht[1]) seinen Arbeitsplan nicht auf das Studium der besonderen Bedingungen der elektrotechn. Industrie. In England stützt sich der Vorsitzende der New-Castle local section der Inst. of El. Eng. in seiner Antrittsrede auf die Leitsätze, welche die zweite General Conference of Education and Training of Engineers aufgestellt hatte.[2]) Es entspricht daher der internationalen Auffassung berufener Kreise, wenn bei Behandlung des elektrotechnischen Ausbildungswesens das Gesamtgebiet der Ingenieurwissenschaften in Betracht gezogen wird.

In bezug auf die großen Ziele scheint sich eine Übereinstimmung heraus zu bilden, und vor allen Dingen tritt keine Scheidung zwischen Vertretern der Praxis und des Unterrichts hervor. Ebenso treten Verschiedenheiten nach Ländern weniger in bezug auf das Ziel in Erscheinung als in bezug auf die Richtung, in der man sich von dem bisherigen Standpunkte aus zu bewegen hat, um sich diesem Ziele zu nähern.

Wenn im Folgenden als Beleg bestimmte Ausführungen zitiert sind, so soll damit nicht versucht werden, den Anteil Einzelner an der Bearbeitung der Fragen gerecht zu werden, sondern nur unter Hinweis auf einzelne Stellen zu kennzeichnen, welche Fragen im Fluß sind und welche Tendenzen hervortreten.

Allenthalben wird auf die Persönlichkeit und ihre Entwicklung das größte Gewicht gelegt und für führende Stellungen Charaktereigenschaften wie Energie und Entschlußkraft verlangt. Diese Eigenschaften soll die Ausbildung fördern, keinesfalls hemmen.

Es darf darum die Zeit unserer deutschen theoretischen Ausbildung, welche bereits 16 Jahre dauert, nicht verlängert werden, da klarer Blick und natürlicher Menschenverstand dabei zu kurz kommen würden. Sollen die Hochschulen Persönlichkeiten für forschende und schöpferische Tätigkeit, für leitende Stellungen heranbilden, so müssen sie mehr auf die Qualität als auf die Quantität ihres Schülermaterials sehen.[3])

Bereits auf der untersten Stufe der konstruktiven Übungen soll ein „individuelles eigenes Gestalten“ angestrebt werden. „Nicht den Stoff, sondern die wissenschaftliche Methode muß der Student sich zu eigen machen“.[4])

Ähnlich betonen Ansprachen amerikanischer Hochschulprofessoren und amerikanischer Praktiker an die Studierenden,[5]) daß es nicht die Aufgabe der Hochschulen ist, den fertigen Ingenieur heranzubilden, und noch weniger, eine

weitgehende Spezialisierung zu treiben, sondern zu schulen, Charakter und Persönlichkeit zu entwickeln und nicht den Intellekt auf Kosten des Wollens.[6])

Für diese Fragen ist natürlich das Verhältnis von praktischer und theoretischer Ausbildung ein wichtiger Punkt. Entsprechend den Vorarbeiten des Verbandes deutscher Elektrotechniker beschloß der deutsche Ausschuß ein „Merkblatt für die praktische Ausbildung der Studierenden" herauszugeben.[7]) Es wurde eine einjährige praktische Tätigkeit als notwendig bezeichnet, wovon mindestens ½ Jahr vor Beginn des Studiums absolviert sein soll. 146 Elektrizitätswerke haben sich bereit erklärt, Studierende als Praktikanten zu beschäftigen.

In den britischen Ländern ist eine längere praktische Tätigkeit üblich und wird für gut befunden. Ganz besonders lassen es sich die großen amerikanischen Elektrizitätsfirmen angelegen sein, den Studierenden nach Abschluß der Studien Gelegenheit zu einer längeren, meist zweijährigen, praktischen Ausbildung zu geben. Die Einrichtung scheint allerdings mehr einer Halbanstellung, einem Übergang aus der Studienzeit in die Praxis zu entsprechen, ähnlich wie Franke in den Berichten des deutschen Ausschusses[8]) eine Fortsetzung der Ausbildung in der Praxis in bezahlter Halbstellung befürwortet. In Deutschland tritt Carl H. Ziese auf Grund seiner Erfahrungen für eine dreijährige praktische Tätigkeit und dadurch ermöglichte Abkürzung des theoretischen Studiums ein,[9]), und betont dabei auch die Bedeutung der praktischen Beschäftigung für Entwicklung der Sinne, Kenntnis der Arbeiterschaft, Stählung der Persönlichkeit.

Hermann Bohle, der in Deutschland studiert hat, aber längere Zeit als Elektro-Ingenieur und dann als Hochschulprofessor in britischen Ländern wirkt, hält es für nötig, „daß die Ausbildung an deutschen Hochschulen in praktischere Bahnen geleitet werde".[10]) Er tritt für Verlängerung der praktischen Arbeit ein, während die theoretische Ausbildung auf der Hochschule gekürzt werden könne, zumal wenn die Oberrealschule bereits der Hochschule Lehrstoff abnehme. Der in der langjährigen deutschen Ausbildung Geschulte sei anerkanntermaßen dem Engländer überlegen, soweit es sich um Lösung spezieller Aufgaben handele, während er dem praktisch erzogenen Engländer gegenüber zurücktreten müsse, soweit leitende Stellungen in Frage kommen.

Nach Brown[11]) empfahl die General Conference on Education and Training of Engineers, welche das Inst. of Civil Eng. 1910 abhielt, daß die Hochschulen und Fachschulen ein gemischtes System (sandwich-system) ins Auge fassen sollten, abwechselnd 6 Monate theoretische Ausbildung und 6 Monate Werkstatt-Unterricht. In Cincinnati arbeiten die Studierenden abwechselnd 1 Woche auf der Universität und 1 Woche in Fabriken, wobei die Professoren die Tätigkeit der Schüler in den Werkstätten, welche die Industrie zur Verfügung stellt, verfolgen. Die Ausbildung umfaßt 27 Monate praktische Tätigkeit und 27 Monate theoretischen Unterricht.[12]) Die Boston Convention der Society for the Promotion of Engineering Education stellte fest, daß dieses System sich nicht nur für den Studierenden direkt bewähre, sondern durch den ständigen Verkehr in der Werkstatt auch auf den Lehrer günstig wirke.[13])

Die in Deutschland üblichen 4 Jahre theoretischer Ausbildung sieht man hier als notwendig an, aber auch als das Maximum, was zugestanden werden kann. Einen Schritt zur besseren Ausnutzung der Studienzeit bedeutet der Vorschlag von Franke[14]): 3 Trimester für den Studierenden, während für den Professor jährlich je ein Trimester vorlesungsfrei bleibt. In England und Amerika hält man die dort üblichen 3 Jahre für das Minimum, was verlangt werden muß, und einzelne Stimmen treten bereits für eine Vermehrung auf 4 Jahre ein.[15]) Die University of Illinois hat für solche, die eine besondere Ausbildung anstreben, einen vierten Jahreskurs angeschlossen.[16])

Eine Spezialisierung bereits während des Hochschulstudiums gilt fast durchgängig als falsch. Der Unterricht in Sonderfächern soll im Hinblick auf seinen didaktischen Wert betrieben werden.[17]) Er soll nicht Selbstzweck sein, sondern Gelegenheit zur wissenschaftlichen Durchdringung technischer Fragen geben.[18]) Der

Studierende soll die Möglichkeit haben, speziellen Neigungen zu folgen, und sich an ein Arbeiten unter eigener Führung gewöhnen. Die Individualität soll sich entfalten, Initiative entwickelt werden. Selbst die Differenzierung zwischen Elektrotechniker und Maschinenbauer soll möglichst weit hinausgeschoben werden.[19]) In den Unterrichtsplänen deutscher Hochschulen wird neuerdings der Schwachstromtechnik mehr Rechnung getragen. Ferner ist die Scheidung zwischen elektrotechnischen Vorlesungen für Fachelektriker und für Angehörige anderer Richtungen fortgeschritten.

Auf der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker behandelte W. Reichel den Aufbau des Studiums der Elektrotechnik nach den Lehrplänen der Hochschule Charlottenburg: Der elektrotechnische Unterricht gliedert sich dreifach und zwar in theoretische Grundlagen, Elektromaschinenbau, elektrische Kraftanlagen und Bahnen.[20])

Der geschäftlichen Seite des Ingenieurberufs tragen deutsche Hochschulen durch Aufnahme des privat-wirtschaftlichen Gebietes in die Studienpläne Rechnung. Für die Aufnahme des Scientific Management tritt die Boston Convention der Society for the Promotion of Engineering Education ein.[21]) Auch Einbeziehung der Geschichte der Technik in den Lehrplan wird vielfach gewünscht.

Ganz besonderen Nachdruck legt F. von Handorff auf die Weiterbildung des jungen Diplomingenieurs auch nach der wirtschaftlichen Seite: „Die Schule des Lebens, die Schule der Praxis ist weit bedeutungsvoller. Hier liegt der Schwerpunkt für die Heranbildung eines geeigneten Nachwuchses, für die führenden Männer unserer Industrie".[22]) Nach Brown[23]) „darf der Elektro-Ingenieur nicht außer Acht lassen, daß seine eigentliche Erziehung erst beginnt, wenn er zum ersten Male in Mark und Pfennig sein Gehalt ausgezahlt bekommt, und daß seine ganze Laufbahn nur eine Kette von Schulung und Fortentwicklung ist."

Besondere Kurse zur theoretischen Weiterbildung veranstalten in Deutschland mit gutem Erfolg die Gesellschaft für wirtschaftliche Ausbildung, der Verein Deutscher Ingenieure, einzelne Hochschulen und Handelskammern.

Der Ausbildung derjenigen Kräfte der Elektrotechnik, bei welchen Umfang und Bedeutung der praktischen Ausbildung die der theoretischen überwiegt, wendet man diesseits und jenseits des Ozeans große Aufmerksamkeit zu. Der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen hat darüber Bd. 3 „Arbeiten auf dem Gebiete des technischen niederen Schulwesens" veröffentlicht. In Amerika ist unter dem Titel „Industrial Education" ein „Preliminary Report by the Educational Committee"[24]) erschienen, dem bereits die Diskussion[25]) folgte.

Auch der Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland hat sich eingehend mit der Ausbildungsfrage beschäftigt und darüber verschiedentlich in seinem Organ „die Elektrizität" berichtet. Schulwerkstätte oder Industrielehre (im einzelnen Fabriklehre oder Handwerklehre) ist die Frage, welche hüben und drüben mit besonderem Interesse behandelt und übereinstimmend dahin beantwortet wird, daß die Schulwerkstätte nur ein Notbehelf ist. Die Verpflichtung der Industrie zu praktischer Mitarbeit in der Ausbildung des Nachwuchses wird in beiden Körperschaften von führenden Männern der Industrie anerkannt. In Amerika unterhalten die großen Eisenbahngesellschaften und elektrotechnischen Betriebe besondere Lehrwerkstätten und Lehrlingsschulen, und ebenso haben in Deutschland elektrotechnische Groß- und Spezialfirmen besondere Lehrwerkstätten an ihre Betriebe angegliedert. Techniken, die die Gesamtausbildung ihrer Zöglinge anstreben, haben in Amerika und England mehrfach Abkommen mit Fabriken getroffen, in welchen sie die Schüler praktisch arbeiten lassen.

Bezüglich der Fortbildungsschulen verweist der amerikanische Bericht mit Anerkennung auf Deutschland. Auch nach der Seite der theoretischen Ausbildung nimmt bei den Verhandlungen des deutschen technischen Ausschusses die Industrie für sich in Anspruch, die vorliegende Aufgabe besser lösen zu können als die

öffentliche Fortbildungsschule, und eine Reihe von Fabriken hat es übernommen, eigene Fortbildungsschulen für ihre Lehrlinge zu unterhalten. Der Bericht des Deutschen Ausschusses nennt von elektrotechnischen Firmen Siemens & Halske, Berlin und Siemens-Schuckert-Werke, Nürnberg, derjenige des Commissioner of Labour in Washington die General Electric Co., Western El. Co. und Westinghouse El. & Mfg. Co.[26]).

Die Dauer der Lehrzeit ist der Installateurverband bestrebt gewesen, gesetzlich auf 4 Jahre festzulegen.

In bezug auf die Fortbildung stand in Deutschland die Frage der Ausbildung des Installateurs im Vordergrunde, besonders auch im Hinblick auf die Entwicklung der Überlandzentralen. In den Schnellkursen, die von Handelskammern und Schulen eingerichtet wurden, um Spengler, Schlosser, Kupferschmiede und dergl. zu Installateuren auszubilden, erblickte die elektrotechnische Praxis geradezu eine Gefahr und ging dagegen vor. Nach einem Erlaß des preußischen Handelsministers vom 23. Mai 1912 sollen solche Schnellkurse darum in Zukunft unterbleiben und nur in Ausnahmefällen zugelassen werden[27]). Im Fachschulwesen ist man einig, daß dem Schulbesuch eine möglichst lange Praxis vorangehen soll. Fünf Jahre schlug der Verband der Installationsfirmen Deutschlands vor. Hingegen wird die Frage, ob trotzdem noch ein Werkstatt-Unterricht in der Fachschule stattfinden soll, in den Lehrplänen der verschiedenen Anstalten noch verschieden beantwortet. Auch in bezug auf die Prüfungsfrage besteht keine Übereinstimmung. Der technische Ausschuß hat es prinzipiell als wünschenswert bezeichnet, die Prüfungen möglichst zu beschränken[28]). Über die Frankfurter Fachschule und die während ihres mehr als 20 jährigen Bestehens gesammelten Erfahrungen berichtet Epstein[29]) in der Ausschußsitzung des Verbandes der Installationsfirmen Deutschlands. Nur praktisch gut durchgebildete und wirklich tüchtige und energische Leute sollen unter angestrengter Mitarbeit in der Fachschule weiter gebildet werden. Was die allgemeine Fortbildungsschule bietet, soll vorher ausgenutzt sein. Der Schüler soll nicht nur Kenntnisse erwerben, sondern wird geschult, um auf den gegebenen Unterlagen weiter zu bauen.

Zu den bereits bestehenden Schulen ist die Fachschule für Maschinenbau und Elektrotechnik der Stadt Augsburg getreten.

An dem Gebahren und dem Betrieb von privaten technischen Schulen waren Mißstände zu Tage getreten. Auf Anregung des deutschen Ausschusses haben die Regierungen eine Überwachung des privaten Schulwesens ins Auge gefaßt[30]).

Im Unterrichtsplan auch elektrotechnischer Mittelschulen wird der Schwachstromtechnik erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet[31]).

Zur Unterstützung für Zwecke der Ausbildung von Angehörigen der Elektrotechnik insbesondere auch von Technikern und Monteuren ist die Max-Günther-Stiftung nunmehr ins Leben getreten[32]).

Die von dem Verband deutscher Elektrotechniker und seinen Zweigvereinen organisierten Fortbildungskurse für Elektromonteure, die besonders auch die Sicherheitsvorschriften behandeln, haben sich durchgängig bestens bewährt[33]). Falls im Bereich eines Vereins von anderer Seite ähnliche Kurse abgehalten werden, sollen sie im Sinne des Verbandes gestaltet werden. Fortbildungskurse für Monteure und Installateure sind im großen Umfange von den Handwerkerkammern und ähnlichen Instituten, ferner von Gewerbeschulen als Abend- oder Sonntagskurse eingerichtet worden, wobei eventuell spezielle Gebiete des Faches behandelt werden. Auch Elektrizitätswerke beteiligen sich an solchen und fördern so die Ausbildung der in ihrem Bezirk tätigen Installateure.

In der Behandlung der Ausbildungsfragen wird somit in erster Linie die Notwendigkeit engsten Anschlusses an die Praxis, wenn möglich unter Beteiligung derselben, betont. Führende Stellen der Industrie und elektrischer Betriebe erkennen die Verpflichtungen an, die sich hieraus für sie ergeben. Als Ziel der Ausbildung wird nicht eine bloße Bereicherung des Wissens, sondern Schulung des

Geistes und Entwicklung der Persönlichkeit entsprechend den Anforderungen des Berufes angestrebt.

[1]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 1601. — [2]) Brown, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 46. — [3]) Vergl. Bach, Z. Ver. dtsch. Ing. 1912, p. 299. — [4]) Vergl. Kammerer, Techn. u. Wirtschaft 1912, p. 81. — [5]) Technik u. Wirtschaft 1912, p. 482. — [6]) Vergl. auch Schilling, Z. Ver. dtsch. Ing. 1912, p. 430. — [7]) Technik u. Wirtschaft 1912, p. 422. — [8]) Franke, Abh. u. Ber. üb. techn. Schulw., Bd. 4, p. 9. — [9]) Ziese, Magazin für Technik u. Industriepolitik, 3. Jahrg., 1912, p. 444. — [10]) Bohle, Technik u. Wirtschaft 1912, p. 374. — [11]) Brown, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 46. — [12]) Vergl. Mühlmann, Technik u. Wirtschaft 1912, p. 629. — [13]) El. World, Vol. 60, p. 133. — [14]) Franke, Abh. u. Ber. üb. techn. Schulw., Bd. 4, p. 9. — [15]) Vergl. Brown, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 47. — [16]) El. World, Vol. 60, p. 292. — [17]) Vergl. Franke, Abhandl. u. Berichte üb. techn. Schulw., Bd. 4, p. 1. — [18]) Schilling, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1912, p. 432. — [19]) Cramp, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 1. — [20]) Reichel, El. Z. 1912, p. 1003. — [21]) El. World, Vol. 60, p. 33. — [22]) v. Handorff, Abh. u. Ber. üb. techn. Schulwesen, Bd. 4, p. 82. — [23]) Brown, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 51. — [24]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 1601. — [25]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 2138. — [26]) Vergl. Kerner, El. Z. 1912, p. 404. — [27]) El. Z. 1912, p. 722, vergl. auch Badermann, El. Z. 1912, p. 878. — [28]) El. Z. 1912, p. 565. — [29]) Epstein, Veröff. d. Verb. d. elektrot. Inst. Firmen in Deutschland. — [30]) Z. Ver. dtsch. Ing. 1912, p. 285. — [31]) Hohage, vergl. Scheibe, El. Z. 1912, p. 1268. — [32]) El. Z. 1912, p. 600. — [33]) El. Z. 1912, p. 725.

Sozial-Technisches.

Die Literatur des betrachteten Zeitabschnittes läßt deutlich das Bestreben erkennen, die Maßnahmen zur Verhütung von Betriebsunfällen und zur Verbesserung der Hygiene der Arbeitsstätten auf eine möglichst breite, internationale Grundlage zu stellen. Zeugnis hiervon geben beispielsweise die Verhandlungen der zweiten internationalen Konferenz für Sozialversicherung, die unter lebhafter Beteiligung des Auslandes zu Dresden am 15. und 16. September 1911 stattfand.

Erwähnt sei ein dort gehaltener Vortrag von Konrad Hartmann[1]) über: „Maßnahmen zur Verhütung von Betriebsunfällen und Gewerbekrankheiten". In demselben wird der Nachweis geführt, daß die „Sicherheitstechnik" in den letzten zwei Jahrzehnten sich so hervorragend entwickelt hat, daß sie sich den anderen Gebieten der Technik vollwertig an die Seite stellen kann. Auch die in dem Vortrage näher erläuterten elektro-hygienischen Sammlungen von Jellinek (Wien) werden die elektrotechnischen Kreise besonders interessiert haben.

Als ein fernerer Beweis kann dienen, daß im verflossenen Jahre zum ersten Male das Internationale Arbeitsamt[2]) in Basel im Auftrage der internationalen Vereinigung für gesetzlichen Arbeitsschutz eine vergleichende Darstellung der Gewerbeaufsicht in Europa veröffentlicht hat. Trotz der großen Verschiedenheit, welche in den einzelnen Ländern die Gewerbeaufsicht hinsichtlich ihrer Organisation und des Umfanges ihres Arbeitsbereiches aufweist, ist mit dieser Zusammenstellung doch ein sehr brauchbares Material geschaffen worden.

Schließlich sei noch der Internationale Technikerkongreß für Unfallverhütung und industrielle Hygiene, Mailand Mai 1912 erwähnt[3]), der von den in Frankreich, Belgien und Italien arbeitenden Gesellschaften für Unfallverhütung bei der Arbeit, in Gemeinschaft mit dem Comité permanent du Congrès International des Assurances sociales veranstaltet worden war. Es wurden die besten in verschiedenen Ländern mit Erfolg angewandten hygienischen und Sicherheitsmaßregeln vorgeführt und Anregungen für das Studium der Probleme, deren Lösung einwandfrei noch nicht gelungen ist, gegeben.

Mit ausschließlich deutschen Verhältnissen beschäftigt sich ein Vortrag von G. Boden (Berlin)[4]), in welchem unter Beifügung zahlreicher Abbildungen die Umkleide-, Bade- und Speiseräume und vor allem die Wohnhäuser und Kolonien

einer Anzahl großindustrieller Betriebe eingehend geschildert werden. Der Verfasser kommt dabei zu dem Schlusse, wenn auch im allgemeinen die über die gesetzlichen Verpflichtungen hinausgehenden Wohlfahrtseinrichtungen bei der Arbeiterschaft nur wenig Anerkennung und geringes Verständnis finden, daß die für sie gemachten hohen Aufwendungen doch durchweg als „werbendes Kapital" anzusehen sind, indem sie die Leistungsfähigkeit der Arbeiterschaft erhöhen und für die Gewinnung eines seßhaften Arbeiterstandes ausgezeichnete Dienste leisten.

Neben diesen Erörterungen über die Fortschritte des Arbeiterschutzes und seinen hohen Wert finden sich jedoch auch warnende Stimmen und Klagen über eine Überlastung der industriellen Unternehmungen durch die immer weitere Kreise ziehende soziale Gesetzgebung; und wenn diese Klagen speziell in der elektrotechnischen Literatur nicht so zahlreich, wie bei den anderen Industriezweigen, hervorgetreten sind, so liegt dieses zum Teil wohl an der gegenwärtig außerordentlich guten Beschäftigung der Elektroindustrie, zum Teil auch daran, daß die Elektrizitätswerke zu den Betrieben mit auffallend geringem Personalbedarfe gehören. Wo aber der Personalstand ein bedeutender ist, wie bei elektrischen Bahnen, haben jene Stimmen auch hier Widerhall gefunden. In einem Artikel von A. Ertel[5]) wird zur Beurteilung dieser Frage ein umfangreiches Zahlenmaterial aus Deutschland und Österreich gegeben.

[1]) Hartmann, El. Z. 1911, 44, p. 1102—13. — [2]) Internationales Arbeitsamt, El. Z. 1911, 47, p. 1189. — [3]) Internat. Technikerkongreß, El. Z. 1912, 14, p. 350. — [4]) Boden, Ann. Gew. u. Bauw. 1911, p. 253—7, 267—77. — [5]) Ertel, El. Kraftbetr. 1912, 28, p. 591—5, 29, p. 608—12.

Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Starkstromunternehmen, besonders der Großunternehmen, ist in stetem Wachsen begriffen. Die Ausdehnung des Netzes der elektrischen Bahnen und der Überlandzentralen legt davon Zeugnis ab. Hand in Hand damit geht das Bestreben der beteiligten Kreise, die Rechte der Starkstromunternehmen zu erweitern, im Wege der Gesetzgebung den Unternehmen die Möglichkeit ungehinderter Entwicklung zu geben. Was vor allem erstrebt wird, ist ein gesetzlicher Anspruch auf Benutzung der öffentlichen Wege und Plätze und in gewissem Umfange auch der Privatgrundstücke, in ähnlicher Weise, wie ein solcher Anspruch der Reichstelegraphenverwaltung (R. T. V.) in Ansehung ihrer Anlagen nach dem Telegraphenwegegesetz vom 18. XII. 1899 (T. W. G.) zusteht.

Die vielfachen Gefahren, die Starkstromunternehmungen anderseits mit sich bringen, haben den Wunsch gezeitigt, es möchte die Haftpflicht der Unternehmer von Starkstromanlagen abweichend von den allgemeinen gesetzlichen Vorschriften geregelt und eine strengere Haftung, ähnlich wie bei den Eisenbahnen und den Kraftfahrzeugen, geschaffen werden. Auf dem diesjährigen deutschen Juristentage haben sich der Kammergerichtsrat Pape und der Professor Krasny gutachtlich in diesem Sinne geäußert. Sie haben vorgeschlagen, die Haftpflicht dahin zu regeln, daß die Unternehmer von Starkstromanlagen für jeden Sach- und Personenschaden, der nicht auf höhere Gewalt oder Verschulden des Verletzten zurückzuführen ist, einzustehen haben[1]).

Von Wichtigkeit ist nach dem geltenden deutschen Rechte das Verhältnis der Starkstromanlagen zu den Schwachstromanlagen der R. T. V., sofern beide Anlagen auf öffentlichen Wegen zusammentreffen. Der § 6 des T. W. G. bestimmt, daß Starkstromanlagen nach Möglichkeit so auszuführen sind, daß sie die bestehenden Anlagen der R. T. V. nicht störend beeinflussen. Daraus ergibt sich, daß der Unternehmer der späteren Starkstromanlage an sich alle Kosten zu tragen hat, die dadurch entstehen, daß wegen der Starkstromanlage die Reichstelegraphenlinien verlegt oder verändert oder Schutzvorrichtungen an den Tele-

graphenlinien oder an der Starkstromanlage angebracht werden müssen. Eine Ausnahme aber macht der § 6 T. W. G. zu Gunsten derjenigen Starkstromanlagen (elektrische Bahnen, Überlandzentralen), die im öffentlichen, insbesondere im volkswirtschaftlichen oder Verkehrsinteresse von den Wegeunterhaltungspflichtigen oder unter deren überwiegender Beteiligung zur Ausführung gebracht werden. Die Unternehmer dieser „bevorrechtigten" Anlagen brauchen die vorgedachten Kosten nicht zu tragen, wenn ohne die Verlegung oder die Veränderung der Telegraphenlinien die Herstellung der Starkstromanlage vereitelt oder wesentlich erschwert werden würde usw. Diese Ausnahmevorschrift hat große praktische Bedeutung, da in der Regel die fraglichen Kosten recht bedeutend sind. In der Praxis haben sich Zweifel ergeben, wann eine Starkstromanlage als bevorrechtigt anzusehen ist. In dieser Hinsicht verdienen folgende neueste Reichsgerichtsentscheidungen hervorgehoben zu werden.

Eine Aktiengesellschaft baute eine elektrische Straßenbahn, die auf den Wegen mehrerer Gemeinden verläuft. Diese Gemeinden beteiligten sich an dem Unternehmen durch Übernahme der Hälfte der Aktien, durch Aufbringung des größeren Teils der Anleihe, durch Hergabe der Straßen usw. Die Straßenbahn ist bevorrechtigt im Sinne des § 6 T. W. G. Es ist nicht erforderlich, daß die beteiligten Wegeunterhaltungspflichtigen selbst Unternehmer sind, es genügt, daß sie sich an dem Starkstromunternehmen in irgend einer Form überwiegend finanziell beteiligen[2]).

In einem anderen Falle baute ein Kreis eine Überlandzentrale. Unterhaltungspflichtig auf den von der Anlage benutzten Wegen sind die einzelnen Kreisgemeinden. Der Kreis selbst ist nicht wegeunterhaltungspflichtig. Das Kreisunternehmen ist trotzdem bevorrechtigt. Die wegeunterhaltungspflichtigen Gemeinden sind zwar nicht selbst Unternehmer, aber an dem Unternehmen des Kreises überwiegend beteiligt. Es ergibt sich dies daraus, daß die Kreisgemeinden in dem Kreise rechtlich und wirtschaftlich aufgehen[3]).

Die von einer Stadt gebaute elektrische Straßenbahn erstreckt sich auf das Gebiet mehrerer Nachbargemeinden, die für ihr Gebiet wegeunterhaltungspflichtig, aber an dem Unternehmen finanziell nicht beteiligt sind. Die Anlage der Stadt ist auf der ganzen Strecke bevorrechtigt. Wenn eine Starkstromanlage auf öffentlichen Wegen verläuft, die in der Unterhaltungspflicht mehrerer Wegeunterhaltungspflichtiger stehen, ist sie für die ganze Strecke als bevorrechtigt auch dann anzuerkennen, wenn nur ein Teil der Wegeunterhaltungspflichtigen oder auch nur einer von ihnen Unternehmer der Anlage oder an dem Unternehmen überwiegend beteiligt ist. Es ist nicht erforderlich, daß die Mehrheit der Wegeunterhaltungspflichtigen oder ein Wegeunterhaltungspflichtiger mit mehr als der Hälfte der benutzten Wegestrecken beteiligt sein müsse[4]).

[1]) Pape u. Krasny, Verh. des deutsch. Jur.-Tags XXXI, Bd. 2, p. 366 ff., 516 ff. — [2]) Urt. des R.-G. vom 18. I. 12, Bd. 78, p. 216 ff. — [3]) Urt. des R.-G. vom 29. I. 12, Bd 78, p. 223 ff. — [4]) Urt. des R.-G. vom 29. I. 12, Bd. 78, p. 298 ff.

Technisch-Wirtschaftliches.

Während in der Elektroindustrie technische Fortschritte von grundlegender Bedeutung im letzten Jahre kaum in die Erscheinung traten, sind für wichtige wirtschaftliche Fragen vielfach, wenn auch noch keine endgültigen Lösungen, so doch gangbare Wege gefunden worden. Besonders für die Verwaltungen der Elektrizitätswerke; hier heißt — wie auch auf der Jahresversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Kiel hervorgehoben wurde — die Losung heute nicht mehr: „wie erzeuge ich Elektrizität, sondern, wie verwerte, verkaufe ich sie". Unter diesen Gesichtspunkten hat auch die neugeschaffene Geschäftsstelle für Elektrizitätsverwertung eine umfangreiche Tätigkeit entfaltet.

Doch noch weit wichtiger war es für die Elektrizitätswerks-Verwaltungen, daß der alte Streit, ob privater oder kommunaler Betrieb größere wirtschaftliche

Vorteile bietet, aufs neue heftig entbrannt ist, und daß neben oder vielmehr in Ablösung oder doch Ergänzung dieser beiden Betriebsarten die gemischte privat-öffentliche Verwaltungsform immer mehr Anhänger gewann. Eine recht bedeutende Literatur ist im Laufe der Berichtszeit über diese Frage erschienen.[1]) Sie hat aber auch über die theoretischen Erörterungen hinaus bereits wesentliche praktische Bedeutung dadurch gewonnen, daß eine Reihe großer, bisher in kommunaler Verwaltung befindlicher Werke, sei es durch Pacht, sei es durch Umwandlung in eine Gesellschaft unter Beteiligung des privaten Unternehmertumes von diesem abhängig geworden sind; es sei hier nur an die Verpachtung des Elektrizitätswerkes und der Straßenbahn zu Königsberg in Preußen, an die Gründung des Gemeinschaftswerkes Unterelbe (Altona) und an die Niederrheinischen Licht- und Kraftwerke (Rheydt) erinnert.

Einen vorzüglichen Überblick über das gesamte, hier in Betracht kommende Gebiet erhält man durch das im September 1912 erschienene Buch von Prof. Passow: „Die gemischt-privaten und öffentlichen Unternehmungen".[2]) Wohl alle auf diesem Prinzip aufgebauten Unternehmungen — 22 Elektrizitätswerke und 6 Straßenbahnen — werden eingehend in ihren Vertrags- und Gesellschaftsformen unter Beifügung von 4 Original-Verträgen und Statuten besprochen und einer zusammenfassenden Betrachtung unterworfen. Der Verfasser gelangt dabei unter dem Vorbehalte, daß ein endgültiges Urteil erst nach Ablauf einer längeren Beobachtungsperiode möglich ist, zu dem Ergebnisse, daß das Zusammengehen von privaten und öffentlichen Körperschaften sich bisher gut bewährt hat und daß nur durch ein solches Zusammengehen es in vielen Fällen möglich gewesen ist, große, billig arbeitende, leistungsfähige und machtvoll sich ausdehnende Werke zu schaffen. Allerdings ist damit zu rechnen, daß besonders dort, wo Fabrikationsfirmen sich mit öffentlichen Körperschaften verbunden haben, noch manche Interessengegensätze erst im Laufe der Zeit hervortreten und sich vertiefen werden. Es ist daher leicht möglich, daß die öffentlichen Körperschaften, nachdem mit Hilfe des privaten Unternehmertums die Werke errichtet und rentabel gemacht sind, später wieder den öffentlichen Betrieb einführen werden. Ein solches Beispiel liegt bereits in dem Elektrizitätswerke Westfalen vor, und alle Kommunen sollten sich dieses Übergangsrecht stets von vorne herein zu festen Bedingungen sichern. In allen Fällen wird dann aber voraussichtlich von den öffentlichen Verwaltungen die Form der A.-G. oder G. m. b. H. beibehalten und der Betrieb dadurch der direkten Einwirkung der kommunalen Verwaltungsorgane — Stadtverordneten, Kreistage u. dergl. — entzogen bleiben.

Im engen Zusammenhange mit diesen Fragen des öffentlichen, privaten oder gemischten Betriebes stehen die in der Literatur des letzten Jahres gleichfalls sehr zahlreichen Abhandlungen über die Monopol- und Trustgefahr in der Elektroindustrie und bei der Elektrizitätsversorgung, und über den wirtschaftlichen Kampf zwischen den Großfirmen auf der einen, den elektrotechnischen Spezialfabriken und Installateuren auf der anderen Seite.[3]) Auch hier ist eine völlige Klärung der Ansichten noch nicht zu verzeichnen. Indeß scheint doch die Auffassung die Oberhand zu gewinnen, daß den öffentlichen Verwaltungen ausreichende Mittel und Maßnahmen zur Verfügung stehen, um ein die Allgemeinheit schädigendes Übergewicht der Großfirmen hinsichtlich der Elektrizitätsversorgung hintanzuhalten und um den Spezialfabriken und Installateuren Absatzgebiete in einem ihren Leistungen entsprechenden Umfange zu sichern.

Für das Verständnis der hier besprochenen Verhältnisse ist ein näherer Einblick in die heutige Finanztechnik von nicht zu unterschätzendem Werte. Es sei daher auf einen diesbezüglichen Vortrag: Die Finanzierung der Industrie von Felix Somary noch etwas näher eingegangen. Der Verfasser zeigt, wie die neuen Finanzierungsmethoden darauf ausgehen, die Aktien aus Spekulations- in Anlage-Papiere überzuführen, indem der Einfluß der Konjunktur auf das Erträgnis der Unternehmungen und somit auf den Markt der Effekten nach Möglichkeit ausgeschaltet wird. Hierfür haben sich bisher drei Wege in der Praxis als gangbar

erwiesen: Einmal das schnelle Ansammeln bedeutender Reservefonds, durch welche die Dividendenausschüttung von der Konjunktur wesentlich unabhängig gemacht wird. Zweitens die Teilung der Aktien in Vorzugs- und Stamm-Aktien; als Beispiel werden die amerikanischen Truste angeführt und es wird eingehend erörtert, wie diesen Finanzformationen die Scheidung in Anlage- und Spekulationswerten gelungen ist. Der dritte in Deutschland vielfach beschrittene Weg ist die Gründung von Tochtergesellschaften, die in hervorragender Weise geeignet sind, die Muttergesellschaft von der Konjunktur unabhängig zu machen, weil diese dann nicht mehr für den Markt, sondern zum großen Teile für bestimmte Abnehmerkreise arbeitet und in der Lage ist, durch ihre Effektengewinne Ausfälle im regulären Geschäfte auszugleichen. Als Beispiel werden hier die Finanzoperationen der A. E. G. näher beleuchtet.

Die soziale Bedeutung dieser Umwandlung der Industriefinanzierung sieht der Verfasser darin, daß, während auch heute noch in dem Konflikte zwischen der bürgerlichen Gesellschaft und der Sozialdemokratie ein Kampf zwischen dem Eigentum und seiner Negation erblickt wird, die moderne Industriefinanzierung dieses Problem grundlegend verschoben hat; denn ihr Wesen besteht gerade darin: zu herrschen ohne Eigentümer zu sein. Wollte man früher ein Unternehmen von 20 Millionen beherrschen, so mußte man 10 Millionen davon in seinen Besitz bringen. Heute teilt man die 20 Millionen zunächst in 10 Millionen nicht stimmberechtigter Obligationen und in 10 Millionen Aktien; letztere werden wieder in 5 Millionen Vorzugs- und 5 Millionen Stamm-Aktien geteilt. Von den 5 Millionen Vorzugs-Aktien, die das Finanzinstitut behält, wird nur ein Viertel eingezahlt, das Stimmrecht aber wird für 5 Millionen ausgeübt. So wird mit einem Besitze von 1¼ Millionen ein Unternehmen, das ein Kapital von 20 Millionen hat, beherrscht.

[1]) Fr. Freund, Deutsche Juristenzeitung Nr. 18, Sept. 1911; Die Woche vom 20. Juni 1912. — O. Wippermann, Die Zukunft kommunaler Betriebe. Berlin, Julius Springer, 1912. — Rösch, Krefeld, Wirtschaftlichkeit privater und kommunaler Elektrizitätswerke. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, Nr. 16 vom 20. April 1912. — W. Maierczik, Elektrizitätswerke in öffentlicher und in privater Verwaltung. A.E.G.-Zeitung. — Schilling, Staatliche oder private Überlandzentralen. Kommunale Rundschau, Nr. 9 vom 21. Dez. 1912. — Derselbe, Zur Frage des Kommunalbetriebes von Verkehrsunternehmungen. Deutsche Straßen- und Kleinbahnzeitung, Nr. 12 vom 23. März 1912. — Derselbe, Über staatliche Überlandzentralen. Z. d. Ver. Deutscher Eisenbahnverwaltungen, Nr. 16 vom 28. Febr. 1912. — F. Fasolt, Die gemischte wirtschaftliche Unternehmung auf dem Gebiete der Elektrotechnik. El. Anz. Nr. 84, 1912. — [2]) R. Passow, Die gemischt-privaten und öffentlichen Unternehmungen auf dem Gebiete der Elektrizitäts- und Gasversorgung und des Straßenbahnwesens. Jena, Verlag von Fischer, 1912. — [3]) Die deutschen elektrotechnischen Spezialfabriken. Eine volkswirtschaftliche Betrachtung, von der Vereinigung elektrotechnischer Spezialfabriken, Berlin. — Thierbach, Besteht für Deutschland die Gefahr eines Elektrizitäts-Monopols? Handelszeitung der „Post". 4. Dez. 1912. Entgegnung darauf von Fasolt, Handelszeitung der „Post" vom 11. Dez. 1912. — E. Schiff, Private Elektrizitäts-Monopole. Zeitschrift für Kommunalwirtschaft und Kommunalpolitik. — W. Windel, Die Monopolisierung der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie. J. S. Preuß, Berlin.

Technische Vorschriften und Normalien.

Im Jahre 1912 wurden folgende neuen technischen Vorschriften und Normalien seitens des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herausgegeben:

Leitsätze für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten.[1]) Diese sind aufgestellt worden unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Versuchen, welche auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke in Gelsenkirchen-Bismarck ausgeführt

worden sind. Die hierbei gemachten Erfahrungen wurden unter Berücksichtigung der in den letzten Jahren schon ausgeführten Konstruktionen zugrunde gelegt und Gesichtspunkte für die Konstruktion von schlagwettersicheren Maschinen und Apparaten geschaffen. Ein besonderer Abschnitt gibt an, in welchem Umfange die einzelnen Schutzvorrichtungen, welche zur Verfügung stehen, anzuwenden sind.

Leitsätze für den Anschluß von Schwachstromanlagen an Niederspannungs-Starkstromnetze durch Transformatoren oder Kondensatoren mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen.[2]) Hierin werden als wesentliche Grundsätze aufgestellt, daß die Schwachstromleitungen völlig von den Starkstromleitungen getrennt sein müssen. Über den Bau der Transformatoren werden Einzelvorschriften gemacht, insbesondere unter dem Gesichtspunkt des bei den Schwachstromleitungen leicht möglichen Kurzschlusses.

Normalien für isolierte Leitungen[3]). Der bisherige Wortlaut war infolge mehrfacher Änderungen nicht mehr übersichtlich genug gewesen, so daß es erwünscht erschien, durch Neubearbeitung eine größere Übersicht und auch größere Einheitlichkeit zu erzielen.

Normalien für Koch- und Heizapparate[4]). Hier werden zum ersten Male Grundsätze über den Bau der sich allmählich immer mehr einführenden elektrischen Koch- und Heizapparate aufgestellt. Insbesondere wird eine Einheitlichkeit der Kontaktvorrichtungen herbeigeführt und außerdem werden die Anforderungen, welche bezüglich Überlastung müssen gestellt werden können, festgelegt. Weiter wird geregelt, welcher Prüfung jeder Apparat ausgesetzt werden muß.

Vorschriften und Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Glühlampenfassungen und Lampenfüßen[5]). Infolge der neueren Form der Metallfadenlampe hat es sich als notwendig herausgesetllt, die Form der Fassungsringe einheitlich zu gestalten. Es werden sowohl für das Normal-Edisongewinde wie für das Mignongewinde je 3 normale Fassungsringe festgelegt. Des weiteren werden die Anforderungen an Fassungen festgestellt, indem die Blechstärke, minimale Abmessungen sowie die Prüfspannungen vorgeschrieben werden.

Vorläufige Richtlinien für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts für Innenräume[6]). Über Hochspannungsapparate hat bisher noch nirgends eine zuverlässige Grundlage existiert. Sie wird hier zum ersten Male gegeben, von dem Grundsatze ausgehend, daß alle Teile einer Hochspannungs-Schaltanlage mit gleicher Sicherheit gebaut werden sollen. Es werden die allgemeinen Anforderungen an solche Apparate festgelegt, ausgehend von der Beanspruchung, welcher sie in ihrem Verwendungsorte ausgesetzt sind. Über die Spannungsprüfung und Abnahmeprüfung sind Grundzüge festgestzt und außerdem werden über die Bauart der Ölschalter noch besondere Bestimmungen getroffen.

Ferner wurden die bereits früher aufgestellten „Normalien über zwei- und dreipolige Steckvorrichtungen für Spannungen bis 250 V" sowie die „Normalen Bedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke" in einigen Punkten einer Abänderung unterzogen. Die „Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkung der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benutzen", welche seit dem 1. Juli 1910 vorläufige Gültigkeit hatten, wurden für weitere 2 Jahre in gleicher Weise mit vorläufiger Gültigkeit bestehen gelassen.

[1]) El. Z., 1912, p. 142. — [2]) El. Z., 1912, p. 94. — [3]) El. Z., 1912, p. 545. — [4]) El. Z., 1912, p. 410. — [5]) El. Z., 1912, p. 493. — [6]) El. Z., 1912, p. 571.

A. Elektromechanik.

II. Elektromaschinenbau.

Gleichstrommaschinen. Von Prof. Rudolf Richter, Karlsruhe. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Prof. Dr.-Ing. Max Kloss, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Prof. Dr.-Ing. Max Kloss, Berlin. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Prof. Rudolf Richter, Karlsruhe. — Rotierende Umformer, Gleichrichter, Transformatoren. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Elektrische Getriebe. Von Oberingenieur Christian Krämer, Berlin. — Elektromagnete. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Messungen an elektrischen Maschinen (Meßverfahren). Von Dr.-Ing. Willy Linke, Charlottenburg. — Betrieb elektrischer Maschinen: Regelung, Parallelbetrieb, Ein- und Ausschalten. Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial. Von Oberingenieur Christian Krämer, Berlin.

Noch niemals hat wohl die Produktion von Dynamomaschinen, was Stückzahl und Gesamtleistung anbelangt, einen solchen Umfang erreicht, wie im verflossenen Jahre. Nach den Geschäftsberichten unserer beiden größten Elektrizitätsfirmen wurden gebaut: in der Berliner Fabrik der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft im Geschäftsjahre 1910/11 92 000 elektrische Maschinen und Transformatoren von zusammen 1,7 Millionen Kilowatt und im Geschäftsjahre 1911/12 118 000 elektrische Maschinen und Transformatoren von zusammen 1,8 Millionen Kilowatt, — in sämtlichen deutschen und außerdeutschen Fabriken der Siemens-Schuckertwerke im Geschäftsjahr 1910/11 95 000 Maschinen und Transformatoren von zusammen 1,9 Millionen Kilowatt und im Geschäftsjahre 1911/12 135 000 elektrische Maschinen und Transformatoren von zusammen 2,7 Millionen Kilowatt. Die Geschäftsjahre beginnen am 1. Juli. Mit dieser Produktion hielt auch die Zunahme der Größe der Leistungseinheiten Schritt. Während z. B. im Jahre 1910/11 die größte Leistungseinheit 4400 KVA (synchrone Drehstrommaschine) bei 3000 Uml/min betrug, wird sie in den neuen Geschäftsberichten zu rund 6000 KVA angegeben. Die größten Leistungen von Turbogeneratoren bei kleineren Drehzahlen betragen nach den Geschäftsberichten etwa 22 000 KVA, während in Chicago jetzt eine Maschine für sogar 34 000 KVA zur Aufstellung kommt.

Gleichstrommaschinen.

Der Kommutator gestattet hier nicht, so hohe Leistungen, wie sie zuvor erwähnt wurden, in einer Maschine zu vereinigen. Im Vordergrunde des Interesses stehen die Turbogeneratoren. Die größten bisher ausgeführten Leistungen scheinen bei 300 Uml/min 500 KW, bei 1000 Uml/min 1500 KW und bei 1500 Uml/min 3000 KW zu betragen. Neuere Gleichstrom-Turbogeneratoren sind im verflossenen Jahre nicht in Zeitschriften beschrieben worden, dagegen verdient eine große Gleichstrommaschine für elektrochemische Zwecke[1]) — 3000 KW, 8000 A, 300 Uml/min — erwähnt zu werden. Die Maschine muß während ½ Stunde 11 000 A abgeben und hat einen Kommutator mit einer Lamellenlänge von 1340 mm bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 22 m/sec im normalen Betriebe und zirka 40 m/sec bei der möglicherweise auftretenden Geschwindigkeitserhöhung durch die sie antreibende Wasserturbine.

Von der durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten gegebene Entwicklung des Dynamobaues gibt der auf dem internationalen Kongreß in Turin erstattete Bericht von Behn-Eschenburg[2]) ein gutes Bild. Die Leistungssteigerung der Gleichstrommaschine ist heute bei Anwendung von Wendepolen und Kompensationswicklung hauptsächlich aus konstruktiven Gründen beschränkt und das Bürstenfeuer, dessen Unterdrückung bei Gleichstrom-Turbogeneratoren anfangs so große Schwierigkeiten bereitete, daß einzelne Firmen den Bau dieser Maschinen aufgeben wollten, hat in den meisten Fällen mechanische Ursachen gehabt. Der konstruktiven Ausbildung des Kommutators wird denn auch heute die größte Sorgfalt zugewandt. Bei früheren Konstruktionen wurde der Deformation des Kommutators durch die Erwärmung viel zu wenig Rechnung getragen. Zwei Wege sind es hauptsächlich, auf denen der Konstrukteur die früheren Anstände zu beseitigen hofft. Der eine Weg ist wohl zuerst von Brown, Boveri & Cie. erfolgreich beschritten worden: der Kommutator ist nur an einem Ende auf der Welle festgepreßt, während er am andern Ende unter Zwischenschaltung einer elastischen Scheibe, die sich bei einer Längenänderung des Kommutators durchbiegen kann, auf der Welle befestigt wird. Der andere Weg, den die Siemens-Schuckertwerke neben dem zuvorgenannten eingeschlagen haben, beruht darauf, den Kommutator in achsialer Richtung zu unterteilen und energisch zu kühlen, so daß jeder Teil nur eine verhältnsimäßig geringe Längenänderung erfahren kann. Ein Vortrag von Roberts[3]) beschäftigt sich sehr eingehend mit der konstruktiven Seite der Gleichstrom-Turbogeneratoren und besonders auch mit der Konstruktion der Kommutatoren. Dieser Vortrag und die durch ihn ausgelöste anregende Diskussion[4]) enthalten reiches Erfahrungsmaterial.

Den Gleichstrommaschinen mit Kommutator sind besonders bei sehr hohen Umlaufszahlen enge Grenzen gezogen. Es ist deshalb vollkommen verständlich, daß sich die Konstrukteure bemühen, die unipolare Gleichstrommaschine, bei der der Strom Schleifringen entnommen wird, zu vervollkommnen. Da bei dieser Maschinengattung aber die einzelnen Leiter über Schleifringe in Reihe geschaltet werden müssen, so ist bei den üblichen Maschinenspannungen eine sehr große Zahl von Schleifringen erforderlich, denen allen die volle Stromstärke entnommen werden muß. Hierdurch treten neue Schwierigkeiten auf, und die Erfahrung hat gezeigt, daß bei den vorliegenden Verhältnissen die Konstruktion und der Bau der Schleifringe mit dem Bürstenapparat ein fast ebenso schwieriges Problem ist, wie das vom Kommutator gestellte. Konstruktionsprinzipien bei Unipolarmaschinen lassen sich wohl erst nach langjährigen Erfahrungen gewinnen. Von Lamme[5]) stammt ein sehr beachtenswerter Artikel hierüber. Lamme beschreibt die Konstruktion eines Unipolar-Generators für 2000 KW, 260 V bei 1200 Uml/min und die verschiedenen Mißerfolge der ersten Ausführung und die schrittweise Verbesserung der einzelnen Organe, bis schließlich nach jahrelangem Bemühen eine Maschine entstand, die über die ursprünglichen Anforderungen hinaus, eine Leistung von 2600 KW, nämlich 260 V und 10 000 A bei 1200 Uml/min, abzugeben vermag. Die größten, jetzt von den elektrotechnischen Firmen gebauten Kommutatormaschinen dürften wohl bei 1200 Uml/min schon mit 1600 KW ihre Grenze erreichen. Dieser Aufsatz ist für den Konstrukteur außerordentlich lehrreich. Die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifringe beträgt etwa 67 m/sec; die größte betriebsmäßig auftretende Kommutatorgeschwindigkeit dürfte wohl bei Gleichstrom-Turbogeneratoren bei etwa 40 m/sec liegen. Ob die Unipolarmaschine in wirtschaftlicher Hinsicht der Kommutatormaschine überlegen ist, läßt sich schwer beurteilen, da über die Kosten der Maschine leider keine Angaben gemacht werden. In Olympia (Vereinigte Staaten von Nordamerika) wurde im verflossenen Jahre eine von Barbour gebaute kleinere Unipolarmaschine (50 KW, 100 V, 3500 Uml/min) ausgestellt, über deren Konstruktion und Dimensionen auch eine Notiz[6]) erschienen ist.

Zur Berechnung und zum Entwurf von Dynamomaschinen sind eine Reihe von kleinen Beiträgen geliefert worden, die hier mehr summarisch behandelt

werden sollen. Robertson[7]) beschreibt eine sehr einfache Methode zur Bestimmung der wirklichen Zahninduktion, die auch der Referent, unabhängig von Robertson, schon verwendet und praktisch brauchbar gefunden hat. Eine Arbeit von Moore[8]) beschäftigt sich mit der Berechnung der Feldverteilung am Ankerumfang einer belasteten Maschine. Angaben über die Berechnung der Streuung von Wendepolmaschinen findet man bei Dogett[9]). Die zusätzlichen Eisenverluste in umlaufenden glatten Ringankern erklärt Wild[10]) durch mechanische Vibrationen, eine Erklärung, die von anderer Seite[11]) angefochten wird. Chapman[12]) empfiehlt die Verwendung verschiedener Drahtquerschnitte bei Feldmagnetspulen. Schließlich sei noch der Artikel von Clayton[13]) erwähnt, der sich mit der gesamten Berechnung von Dynamomaschinen, speziell Gleichstrommaschinen befaßt, und zwar auf der Grundlage, daß eine 2p-polige Maschine aus p Elementen aufgebaut werden kann. Der Entwurf der Typenreihen beschränkt sich dann auf die 2poligen Elemente. Diese Berechnungsweise war übrigens schon vor vielen Jahren bei den Siemens-Schuckertwerken in Gebrauch.

Über die elektromagnetischen Vorgänge bei der Kommutierung scheint man sich heute immer noch so uneinig zu sein wie je. Zunächst wird die von Hobart und Pichelmayer vertretene Anschauung, die Kommutierung nach der Größe der sogenannten Reaktanzspannung zu beurteilen, von Niethammer als unzulässig bezeichnet und die Möglichkeit einer angenäherten Berechnung angezweifelt. Pichelmayer und Hobart sind sich darüber vollkommen klar, daß die Reaktanzspannung nicht die einzige Spannung ist, die in der von Bürsten kurzgeschlossenen Spule induziert wird. Trotzdem beurteilen sie die Güte der Kommutierung nach dem Wert der Reaktanzspannung wohl nicht etwa deswegen, weil sie die vom Ankerfelde in der Wendezone induzierte EMK der Rotation für vernachlässigbar klein halten, sondern weil diese bei den modernen wendepollosen Maschinen in einem fast festen Verhältnis zur Reaktanzspannung steht und bei Wendepolmaschinen das Ankerfeld gar nicht mehr in Frage kommt. In der Praxis wird darum auch, soweit dem Referenten bekannt ist, immer in der von Pichelmayer angegebenen Weise oder ähnlich gerechnet; wobei allerdings für die einzelnen Typen gewisse Erfahrungszahlen zur Verfügung stehen.

Seit Jahren streitet man sich in der elektrotechnischen Literatur darüber, ob in der Kommutierungszone bei absolut funkenfreiem Lauf ein Wendefeld bestehen muß oder nicht, und noch immer scheint keine Einigkeit über diese Frage zu herrschen. Zuerst wurde sie wohl 1906 von Latour[14]) angeschnitten, dann wiederholt bis zu Ende des Berichtsjahres von Menges zur Diskussion gestellt. Latour vertrat mit Menges die Ansicht, daß das Feld in der neutralen Zone Null sein müßte, um funkenfreien Gang zu erhalten. Fast alle andern Autoren behaupteten das Gegenteil. Dem Berichterstatter will es scheinen, als wären die Meinungsverschiedenheiten mehr durch die Formulierung der Aussagen als durch die tatsächlichen Auffassungen hervorgerufen. Nach dem heutigen Stande dieser Frage lassen sich vielleicht die Ansichten der Fachgenossen dahin vereinigen, daß bei einem glatten Anker und bei Vernachlässigung des Einflusses der Querverbindungen der Ankerwicklung die radiale Komponente der Induktion am Ankerumfang in der Wendezone Null sein muß, um einen funkenfreien Gang zu erhalten. Bei einem Nutenanker muß unter Vernachlässigung des Einflusses der Querverbindungen die radiale Komponente am äußern Umfang des Ankers den von der Ankerwicklung allein erzeugten Induktionslinien entgegengesetzt, am Umfang des Nutengrundes dagegen gleichgerichtet sein, so daß die radiale Komponente auf einem Zylindermantel, der die Nuten in etwa halber Tiefe durchschneidet, Null ist. Bei Berücksichtigung des Einflusses der Querverbindungen muß in der Wendezone die radiale Komponente Null auf einem Zylindermantel liegen, der die Nuten in ihrer unteren Hälfte durchschneidet, oder es muß, wenn der Einfluß der Querverbindungen sehr groß ist, die radiale Komponente auf dem Zylindermantel, der mit dem Nutengrunde zusammenfällt, denjenigen Induktionslinien entgegengerichtet sein, die die Ankerwicklung für sich allein erzeugt.

Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit dem Kommutierungsproblem. Eine sehr umfangreiche Arbeit rührt von Lamme[15]) her. Er vertritt ebenfalls die Anschauung, daß vollständige Kompensation des vom Anker in der Wendezone erzeugten Induktionsflusses zum funkenfreien Gang hinreichend sei, er gibt aber nicht an, was er unter vollständiger Kompensation versteht, d. h. ob das Feld am äußern Umfang des Ankers, am Zylindermantel entsprechend dem Nutengrunde oder auf einem Umfang mit mittlerem Durchmesser Null sein soll. Auch Carter[16]) beschäftigt sich mit der Kommutierung und empfiehlt zur Verringerung der Reaktanzspannung eine Hilfswicklung, deren einzelne Windungen je einen Zahn umschlingen und mit einem Hilfskommutator verbunden sind. Die in der neutralen Zone liegenden Hilfswindungen werden durch Bürsten, die auf dem Hilfskommutator schleifen, kurzgeschlossen. Bache-Wiig[17]) weist darauf hin, daß eine von der neutralen Zone nach dem Pol sehr allmählich ansteigende radiale Ankerkomponente nicht, wie im allgemeinen angenommen wird, nützlich, sondern häufig sogar schädlich ist. Liska[18]) gibt eine Vereinfachung der Berechnung des Nutenfeldes der von Bürsten kurzgeschlossenen Spulen an. Von Robertson[19]) werden Oszillogramme des Stromes in einer Hilfsspule veröffentlicht, die parallel zu einem Wicklungselement geschaltet ist und ungefähr dieselbe örtliche Lage wie dieses einnimmt.

Auch die häufig beobachtete Erscheinung des Rundfeuers am Kommutator wird untersucht. Firth[20]) findet durch zahlreiche Versuche, daß diese Erscheinung erst dann auftritt, wenn sich zwischen den Lamellen Kohlenstaub abgelagert hat. Zur Verhütung wird empfohlen, auf dem Kommutator schleifende Pinsel anzuordnen, die die Ablagerung des Kohlenstaubes verhindern sollen.

Eingehende Behandlung finden die bei Wendepolmaschinen häufig beobachteten Pendelerscheinungen. Humburg[21]) erweitert die von K. W. Wagner zuerst entwickelte Theorie und bestätigt sie durch experimentelle Untersuchungen.

Um die Geschwindigkeitsregelung von Gleichstrom-Nebenschlußmotoren innerhalb weiter Grenzen zu ermöglichen, wird nach Amsler[22]) der lamellierte Pol oder Polschuh aus Blechen mit verschiedener Bohrung hergestellt, so daß auch bei sehr geringem Erregerfluß das Eisen in den Polschuhblechen mit kleinerer Bohrung gesättigt bleibt, die magnetische Charakteristik also auch im untern Teil gekrümmt ist und deshalb der Motor auch bei geringem Erregerfluß, d. h. hoher Geschwindigkeit, stabil arbeitet.

An der Verbesserung der Grundlagen zur Berechnung der Erwärmung von Dynamomaschinen ist im Berichtsjahre eifrig gearbeitet worden. Namentlich zwei Arbeiten ragen hier hervor, die von Binder[23]) und die von Symons und Walker[24]). Binder beschäftigt sich nur mit der äußern Wärmeleitung. Er untersucht die Anteile der Strahlung und der Konvektion an dem Wärmeübergang von einem Körper zur Luft und die Beeinflussung des Wärmeübergangs durch die Geschwindigkeit der Luft. In der Literatur über die Berechnung der Erwärmung von elektrischen Maschinen und Apparaten nimmt diese Arbeit eine hervorragende Stelle ein und dürfte noch lange Zeit den Ausgangspunkt bei der Ausbildung von zuverlässigen Erwärmungsberechnungen bilden. Symons und Walker beschäftigen sich auch mit der inneren Wärmeleitung. Die Arbeit beruht auf experimenteller Grundlage und ein großer Teil der Resultate hat deshalb nur für die Verhältnisse Gültigkeit, die bei den Versuchen vorlagen (Turbogenerator für 1875 KVA bei 3000 Uml/min). Zur Anwendung auf andere Verhältnisse kann auf die Arbeit von Binder zurückgegriffen werden.

Im engsten Zusammenhang mit der Erwärmung elektrischer Maschinen steht die natürliche und künstliche Lüftung derselben. Sie wird deshalb in den zuletzt genannten Literaturstellen ebenfalls behandelt. Auch hierin ist die Arbeit von Binder die wertvollste, da sie zum ersten Male eingehend die Berechnung der Luftgeschwindigkeit und der Luftverteilung in einer selbstkühlenden Dynamomaschine behandelt. Eine annähernd zuverlässige Berechnung der Erwärmung von rotierenden elektrischen Maschinen mit Selbstkühlung ist zwar auch nach der

Untersuchung von Binder noch nicht unmittelbar möglich, doch bedeutet sie zweifellos einen großen Schritt auf dem Wege zur Lösung dieses verwickelten Problems. Eine ausführliche Arbeit von Czeija[25]) beschäftigt sich speziell mit der Belüftungsfrage von schnellaufenden Dynamomaschinen. Die prinzipiellen Arten der Luftführung werden eingehend beschrieben, die für die Kühlung der Maschinen charakteristischen Größen besprochen und an Rechnungsbeispielen wird die Wirksamkeit der verschiedenen Lüftungsarten gezeigt.

[1]) El. Z. 1912, p. 529. — [2]) Behn-Eschenburg, Auszüge in El. Z. 1912, p. 592 und Lumière El. 1911, p. 328. — [3]) Roberts, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 127. — [4]) Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 157. — [5]) Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 975. — [6]) Engineering 1911, p. 318. — [7]) Robertson, Electrician (Ldn.) Vol. 69, p. 657. — [8]) Moore, Proc. Am. Inst. El. Eng., Vol. 31, p. 197. — [9]) Dogett, Electrician (Ldn.) Vol. 69. p. 821. — [10]) Wild, Z. Ver. D. Ing. 1912, p. 1441. — [11]) Halmos, Z. Ver. D. Ing. 1912, p. 1922. — [12]) Chapman, Electrician (Ldn.) Vol. 68, p. 389. — [13]) Clayton, Electrician, (Ldn.) Vol. 68, p. 1007. — [14]) Latour. El. Z. 1906, p. 780. — [15]) Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 975. — [16]) Carter, El. World, Vol. 59, p. 1435. — [17]) Bache-Wiig, El. World, Vol. 60, p. 605. — [18]) Liska. Z. El. Masch.-Bau 1912, p. 825. — [19]) Robertson, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 570. — [20]) Firth, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 878. — [21]) Humburg, Das Pendeln bei Gleichstrommotoren, Diss., München. — [22]) Amsler, Electrician, (Ldn.), Vol. 69, p. 835. — [23]) Binder, Über Wärmeübergang auf ruhige oder bewegte Luft. Halle a. d. Saale., Knapp. — [24]) Symons u. Walker, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, p. 674. — [25]) Czeija, El. Z. 1912, p. 343.

Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren.

Theorie, Messungen und Allgemeines.

Die theoretischen Untersuchungen über das Verhalten der Synchronmaschine wenden sich zurzeit einigen Einzelfragen zu, die durch die neuere Entwicklung der Elektrotechnik Bedeutung gewonnen haben. Nachdem lange Zeit hindurch der Einphasengenerator durch die Drehstrommaschine vollständig verdrängt worden war, kommt er neuerdings wieder in Aufnahme als Erzeuger des für Bahnbetrieb verwendeten Einphasenstromes. Es ist daher erklärlich, daß man sich vor allem mit der unangenehmsten Eigenschaft dieser Maschine beschäftigt, das ist das pulsierende Querfeld des Ankerstromes. Stokvis[1]) behandelt in seiner Dissertation den „Spannungsabfall des synchronen Drehstromgenerators bei unsymmetrischer Belastung", also den allgemeinen Fall, der als Sondergrenzfälle einerseits den symmetrisch belasteten Drehstromgenerator, anderseits den Einphasengenerator mit einschließt. Bei Maschinen mit nicht ausgeprägten Polen (Zylinderrotoren) kann die Ankerrückwirkung dargestellt werden als Summe von 6 Drehfeldern, von denen drei synchron und drei invers, also in bezug auf das Magnetrad mit doppelter Synchrongeschwindigkeit umlaufen. Das unsymmetrische Stromkreuz, dessen drei Vektoren sich natürlich stets zu einem geschlossenen Dreieck zusammensetzen lassen, kann nun durch zwei symmetrische ersetzt werden, von denen eines synchron, das andere invers umläuft. Somit lassen sich auch die erwähnten sechs Drehfelder in zwei zusammenfassen. Bei Maschinen mit ausgeprägten Polen muß die Wirkung des von der Polstellung abhängigen, also veränderlichen magnetischen Widerstandes berücksichtigt werden. Das führt zur Darstellung der Ankerrückwirkung durch vier Drehfelder, und zwar ein synchrones Ankergegenfeld, ein synchrones Ankerquerfeld, ein inverses Drehfeld, das, bezogen auf den Rotor, mit doppelter Geschwindigkeit umläuft, und schließlich ein im normalen Drehsinne, aber, bezogen auf den Rotor, ebenfalls mit doppelter Geschwindigkeit umlaufendes Drehfeld. (Die Winkelgeschwindigkeiten der vier Felder sind also: $+\omega, +\omega, -\omega, +3\omega$.) Die Phasenspannung ergibt sich als Resultierende aus 7 EMKen. Dann untersucht Verfasser den Einfluß der Polbedeckung auf die Abdämpfung der beiden mit $+2\omega$ gegen das Polrad laufenden Felder und erbringt den Nachweis, daß die höheren Harmonischen der Ankerfelder

zu vernachlässigen sind. Schließlich werden noch die Amperewindungsdiagramme für beliebige Belastung aufgestellt.

Mit der Dämpfung des Querfeldes befaßt sich ausführlich die Dissertation von Unger[2]). Gestützt auf frühere Untersuchungen von Rezelman und Pichelmayer ermittelt Verfasser die Spannungen und Ströme höherer Ordnung. Im Stator treten nur ungeradzahlige, im Rotor nur geradzahlige Glieder auf, die sich über die Grundströme bzw. Spannungen überlagern. Diese höheren Harmonischen lassen sich durch eine Querfelddämpfung (Querkurzschluß oder Käfigdämpfung) unterdrücken. Sowohl durch Rechnung wie durch oszillographische Aufnahmen wird die verzerrte Form der Strom- und Spannungskurven mit und ohne Querfelddämpfung untersucht. Beim Fehlen der Dämpfung ergibt sich bei Kurzschluß eine hohe Spannung in der meist mit vielen Windungen ausgeführten Feldwicklung, die leicht zu Durchschlägen führen kann.

Der Einfluß einer Dämpferwicklung wird auch in zwei Arbeiten von Rezelman untersucht. Die eine[3]) bringt die Berechnung der Reaktanz eines vierpoligen Turbos mit zylindrischem Rotor für verschiedene Relativstellungen des Rotors gegenüber der Statorwicklung unter Berücksichtigung der aus Nutenkeilen und Bronzekappen gebildeten Dämpferwicklung. Die zweite Arbeit wendet diese Rechnung auf den Fall eines Einphasengenerators[4]) für 500 Perioden bei 1500 U/min 75 KVA 3600 V an und berechnet die Stator- und Rotorstreuung, die bei der kleinen Polteilung (43 mm) prozentual sehr hoch sind, so daß ihre genaue Vorausberechnung unbedingt erforderlich ist.

Ein anderes Problem, das durch die immer weiter getriebene Steigerung der in einer einzigen Maschine umgesetzten Leistung ganz besondere Bedeutung gewonnen hat, ist die Frage nach dem Höchstwert des bei plötzlichem Kurzschluß auftretenden Stromstoßes. Früher begnügte man sich damit, den „stationären Kurzschlußstrom" zu berechnen und an der fertigen Maschine zu messen. Da die Eigenregulierung der Maschine, d. i. der Spannungsabfall bzw. -anstieg bei konstanter Erregung um so geringer wird, je größer das Kurzschlußverhältnis ist, so ging früher das Bestreben der Betriebsleiter dahin, Maschinen mit hohem Kurzschlußstrom zu bevorzugen. Erst die an Turbogeneratoren von großer Leistung gemachten Erfahrungen über die zerstörenden Wirkungen plötzlicher Kurzschlüsse haben bewirkt, daß man neuerdings weniger Wert legt auf geringen Spannungsabfall als vielmehr auf Kurzschlußsicherheit, und daß man sich mit den „Ausgleichsvorgängen" beim Übergang von einem stationären Zustande in einen anderen eingehend befaßt. Bei der Wichtigkeit dieser Frage ist es kein Wunder, daß sich verschiedene Autoren mit ihr beschäftigen. Wertvolle Beiträge zu dieser Frage haben im vergangenen Jahre geliefert: Boucherot, der die mechanischen Wirkungen[5]) plötzlicher Kurzschlüsse auf Turbogeneratoren und außerdem die elektromagnetischen Vorgänge[6]) bei ein- und mehrphasigem Kurzschluß mit und ohne Dämpferwicklung untersucht; Durgin und Whitehead[7]), die auf Grund von Versuchen an einem Generator für 12 000 KW und 9000 V bei 25 Per/sek den maximalen Stromstoß bei plötzlichem Kurzschluß berechnen; Field[8]), der die Betriebseigenschaften großer Turbogeneratoren erörtert; Linke,[9]) der allgemein die Schaltvorgänge bei elektrischen Maschinen und Apparaten untersucht.

Der stationäre Kurzschlußstrom eines Drehstromgenerators ist bekanntlich durch die Bedingung definiert, daß die Stator-Amperewindungen die des Erregerfeldes fast ganz ausbalanzieren bis auf einen Betrag, der erforderlich ist, um den Streufluß des Ankerstromes durch den Luftspalt zu drücken. Das Hauptfeld ist also im Anker ausgelöscht bis auf den geringen, zur Deckung des Ohmschen Abfalls nötigen Kraftfluß. Beim Eintreten eines plötzlichen Kurzschlusses ist aber noch das volle, dem vorhergehenden Betriebszustande entsprechende Feld vorhanden, das natürlich nicht plötzlich verschwinden kann, sondern mit einer durch Selbstinduktion und Widerstand des Erregerstromkreises bestimmten „Zeitkonstanten" nach einem logarithmischen Gesetze abklingt. Infolgedessen arbeitet zunächst die volle Maschinenspannung auf den aus Widerstand und Selbstinduktion

der Ankerwicklung bestehenden Stromkreis und erzeugt daher einen ganz außerordentlich hohen Strom. Die Amplitude dieses Stromstoßes hängt davon ab, in welchem Augenblick der Kurzschluß erfolgt. Der höchste überhaupt mögliche Wert ergibt sich für den Fall, daß die Spannung beim Beginn des Kurzschlusses gerade durch Null geht. Die Sinuswellen des Stromes liegen dann im Anfang vollständig auf einer Seite der Nullinie. Der Mittelwert des Stromes klingt nun nach dem logarithmischen Gesetze ab, so daß sich die Wellen allmählich symmetrisch zur Nullinie einstellen, wobei gleichzeitig auch die Amplituden bis auf den Wert des stationären Kurzschlußstromes abfallen. Tritt der Kurzschluß dagegen im Augenblick des Spannungsmaximums ein, so erreicht der Stromstoß nur den halben Wert des im vorhergehenden Falle auftretenden Maximums. Das Abklingen des Stromes auf den stationären Wert erfolgt in etwa 1—3 sek bei Turbogeneratoren, bei Maschinen mit ausgeprägten Polen in ½ bis ⅓ dieser Zeiten. Was die Größe des ersten Stromstoßes anlangt, so würde man erwarten, daß im ungünstigsten Falle (Eintritt im Augenblick $E = O$) das Strommaximum sein sollte:

$$I_{K\,max} = \frac{2\,E_{max}}{X_g + X_a}$$

worin E_{max} = Amplitude der dem vorhandenen Felde entsprechenden EMK, X_g = Reaktanz der Ankerwicklung und X_a = etwa vorgeschaltete äußere Reaktanz ist. (Der Ohmsche Widerstand ist hierbei vernachlässigt.) Im günstigsten Falle würde dann der Stromstoß immer noch halb so groß sein. In Wirklichkeit ergeben sich jedoch erheblich niedrigere Werte. Durgin u. Whitehead schreiben dies einer „vorübergehenden“ Reaktanz zu (transient reactance), ohne ihr Wesen näher zu erklären. Vermutlich üben hier Wirbelströme eine dämpfende Wirkung aus. Der Größenordnung nach erreicht der erste Stromstoß den 20—30fachen Betrag des Normalstromes. Im Polrad tritt ein starker Gleichstromstoß auf, der ebenfalls nach einer e-Funktion abklingt. Außerdem werden Überspannungen in der Rotorwicklung induziert, die leicht Tausende von Volt betragen können bei Wicklungen, die für eine Erregerspannung von wenigen Hundert Volt bemessen sind.

Wesentlich verwickelter sind die Vorgänge bei einphasigem Kurzschluß, da hierbei nach Boucherot die Streuinduktanzen Zeitfunktionen sind, so daß höhere Harmonische auftreten. Ohne Dämpfung ergeben sich im Stator ungeradzahlige, im Rotor geradzahlige Glieder höherer Ordnung. Ist eine Dämpfung vorhanden, so bildet sich im Stator nur die Grundfrequenz, im Rotor die doppelte aus. Die Spannung an der offenen Phase würde beim stationären Zustande natürlich kleiner als die normale Phasenspannung E_n sein. Bei plötzlichem Kurzschlusse ohne Dämpfung und bei geringer magnetischer Sättigung würde dagegen ein Spannungsstoß von 10—20 E_n zu erwarten sein. In Wirklichkeit ist er jedoch geringer infolge der dämpfenden Wirkung von Wirbelströmen. Immerhin können noch ganz gefährliche Überspannungen induziert werden. Ist eine Dämpfungswicklung vorhanden, so klingt einfach die Spannung der offenen Phase nach einem logarithmischen Gesetze ab.

Durgin und Whitehead untersuchen auch das maximale, beim plötzlichen Kurzschluß auftretende Drehmoment und kommen zu dem Ergebnisse, daß es unabhängig ist von dem Zeitpunkte, in dem der Kurzschluß einsetzt. Durch vorgeschaltete Drosselspulen wird dieser mechanische Stoß auf die Maschine gemildert. Findet der Kurzschluß in einer Entfernung von der Zentrale statt, so wird er durch den vorgeschalteten Widerstand der Leitung ebenfalls stark gemildert. Arbeiten mehrere Generatoren parallel auf einen Kurzschluß von gegebenem Widerstande, so wird das auf eine Maschine entfallende maximale Drehmoment umso geringer, je größer die Zahl der parallel geschaltenen Maschinen ist.

Nach Field sind die Stromstöße umso höher, je größer die Polteilung ist. Bei gegebenen Abmessungen und gegebener Leistung sind sie proportional dem Quadrate des Rotorflusses, woraus hervorgeht, daß man die Maschinen nicht mit

zu geringer Windungszahl im Stator, also nicht mit zu guter Eigenregulierung bauen soll.

Schließlich ist noch zu beachten, daß bei Beginn des Kurzschlusses infolge der durch diese Störung des Gleichgewichtszustandes hervorgerufenen Wanderwellen zwischen den Endwindungen sehr hohe Spannungen auftreten, die durch vorgeschaltete Drosselspulen zwar herabgedrückt werden, aber nach Durgin und Whitehead bei den in der Praxis üblichen Werten der Selbstinduktion der Schutzdrosselspulen immer noch gefährliche Höhen erreichen können.

Der Hauptvorzug des Synchronmotors gegenüber dem asynchronen ist, daß er mit einem Leistungsfaktor cos $\varphi = 1$ arbeiten, ja sogar noch voreilenden Strom ins Netz abgeben kann. Henry[10]) weist darauf hin, daß diese Eigenschaft besonders dann ins Gewicht fällt, wenn es sich um langsam laufende Motoren handelt, da Asynchronmotoren mit kleiner Polteilung in der Regel einen sehr niedrigen Leistungsfaktor haben. Der Hauptnachteil des Synchronmotors ist die Schwierigkeit des Anlassens, da er im Stillstand wie ein kurzgeschlossener Asynchronmotor einen hohen, stark phasenverschobenen Strom aufnimmt, ohne dabei ein gutes Anfahrmoment zu entwickeln. Die Verhältnisse beim Anlauf untersucht eingehend Fechheimer[11]), und zwar für Rotoren mit ausgeprägten Polen. Zur Ermittlung des Anfahrmomentes ist es nur nötig, die auf den Rotor übertragene elektrische Leistung zu bestimmen. Denn diese ist gleich Drehmoment mal synchroner Winkelgeschwindigkeit. Die das Drehmoment erzeugenden Verluste sind die Wirbelstromverluste in den Polschuhen und den etwa vorhandenen massiven Ringen der Spulenkästen, ferner die bei geschlossener Erregerwicklung in dieser induzierten Ströme und vor allem die Kupferverluste in der Dämpferwicklung, die man zur Erzielung eines guten Anlaufmomentes unbedingt vorsehen sollte. Das statische Anlaufmoment schwankt je nach der Relativstellung der Polmitte zu Statornut bzw. Zahn. Die Ströme in den drei Phasen sind im Moment des Anlaufs ebenfalls verschieden je nach der Relativstellung der Pole zu den Phasenwicklungen. Aus diesem Grunde ist die Dreieckschaltung zu vermeiden, da sonst starke Ausgleichströme sich ergeben. Die Verschiedenheiten sind umso größer, je geringer der Spannungsabfall der Maschine ist. Man soll also nicht zu gute Regulierung vorschreiben, (also niedriges Kurzschlußverhältnis!). Ist keine Dämpfung vorhanden, so treten in der Feldwicklung außerordentlich hohe Spannungen auf; sie ist daher hierfür besonders zu isolieren. Bei kurzgeschlossener Feldwicklung ist das Drehmoment nach Fechheimer geringer als bei offener. Das günstigste Anfahrmoment (ohne Dämpfung) ergibt sich für einen ganz bestimmten Widerstand im Erregerfeldkreis. Eine erhebliche Verbesserung erzielt man durch eine als Käfig mit Kurzschlußringen ausgebildete Dämpferwicklung, die zugleich auch den Parallelbetrieb erleichtert. Die Feldwicklung soll dann beim Anlassen nicht kurzgeschlossen werden. Bis zu etwa 85—90% des Synchronismus ergibt sich ein verhältnismäßig gutes Drehmoment, das aber dann stark abfällt. Man kann dies verbessern, wenn man während der Anlaufzeit das Feld schwach erregt und diese Erregung bis zum Erreichen des Synchronismus stetig verstärkt. Dadurch erzielt man auch, daß der Rotor mit richtiger Polarität in Tritt kommt. Die Berechnung der in der Dämpferwicklung auftretenden Kupferverluste wird in dem erwähnten Aufsatze ebenfalls gegeben. Zum Antrieb von Ventilatoren und Schleuderpumpen ist der Synchronmotor nicht recht geeignet, da diese Arbeitsmaschinen ein mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wachsendes Drehmoment erfordern, wodurch das Synchronisieren erschwert wird.

Ein untererregter Synchronmotor entnimmt bekanntlich dem Netze einen wattlosen Strom zur Deckung der fehlenden Erreger-Amperewindungen. Man kann sogar bei niedriger Belastung die Gleichstromerregung unter Umständen ganz wegnehmen, ohne daß der Motor außer Tritt fällt. Benischke[12]) hat diese Eigenschaft benutzt zur Konstruktion eines Schlüpfungszähler-Motors und beschreibt ausführlich das Verhalten des Motors beim Anlauf und im Betriebe. Die

erforderliche Winkelverdrehung des unbewickelten Polrades gegenüber dem Drehfelde der Statorwicklung wird durch den remanenten Magnetismus ermöglicht.

Bau.

Die Konstruktion und Fabrikation der Turbogeneratoren ist so weit fortgeschritten, daß die meisten großen Firmen schon vollständige normale Typenreihen durchgebildet haben. So beschreibt z. B. Thomälen[13]) Konstruktion und Bau der Wechselstrom-Turbogeneratoren der Siemens-Schuckertwerke. Beim Entwurf des Rotors ist der Gesichtspunkt leitend gewesen, diesen mit so hoher Umfangsgeschwindigkeit umlaufenden Körper aus möglichst wenig Teilen zusammenzusetzen. Der eigentliche Rotorkörper wird daher mit der Welle aus einem Stück Siemens-Martin-Stahl hergestellt, das zur Erzielung vollkommener Homogenität im zähflüssigen Zustande geschmiedet wird. Die Nuten werden aus dem Vollen ausgehobelt oder gefräst. Die Wicklung ist gegen die Wirkung der enormen Fliehkräfte durch massive geschmiedete Kappen aus Bronze oder Nickelstahl gesichert. Der fertige Rotor wird zur Verminderung der Luftreibung außen glatt überdreht. Alle Einzelteile, sowie der ganze Rotor werden sorgfältig ausgewuchtet. Bei Einphasengeneratoren wird zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten der Rotorkörper aus Blechen aufgebaut. Die Ventilationskanäle im Rotor sowohl, wie im Stator sind achsial angeordnet. Im Stator wird mit Rücksicht auf leichte Auswechselbarkeit Stabwicklung bevorzugt. Die Endverbindungen sind bei allen Turbos „kurzschlußsicher" versteift.

Bei der Verwendung von Wicklungskappen ist man in der Regel gezwungen, die Wicklung beim Austritt aus dem Rotorkörper abzukröpfen, um genügend Raum zu schaffen für die Dicke der Kappen. Die Brit. Thomson-Houston Co.[14]) umgeht diese Schwierigkeit, indem sie die Nuten etwas weiter radial zurücksetzt und zur Verminderung der Streuung das Rotoreisen im Bereiche der Wicklung ebenfalls in radialer Richtung verkürzt, während es in der Polmitte mit vollem Durchmesser ausgeführt ist.

Bei Einführung neuer Konstruktionen treten oft neue Schwierigkeiten auf. So muß man z. B. bei der Anordnung der Wicklungsversteifungen darauf achten, daß keine von Streulinien durchsetzte kurzgeschlossene Windung entsteht. Rezelman[15]) berichtet über einen Fall, in dem bei einem 7000 KVA-Generator die Wicklungsversteifungen durch zwei starke, konzentrisch zur Achse angeordnete Ringe gestützt waren. Da die Stirnverbindungen der Phasenwicklungen mit Rücksicht auf die Zweiteiligkeit des Gehäuses nicht gespalten waren, so wurden durch die Stirnstreuung in den Versteifungsringen EMKe induziert. Infolgedessen traten bei normaler Belastung Ströme von 2000 A in den Ringen auf.

Wie die Entwicklung der Dampfturbine, so hat auch die fortschreitende Ausnutzung der Wasserkräfte zu neuen und schwierigen Konstruktionen im Dynamobau geführt. In bezug auf Umfangsgeschwindigkeit stehen diese Generatoren zwischen den Dampfturbos und den alten Langsamläufern. Sie laufen mit etwa 40 bis 65 m/sek. Für die Konstruktion ist jedoch nicht die Geschwindigkeit im normalen Betriebe maßgebend, sondern die Maximalgeschwindigkeit, die beim Durchgehen der Wasserturbine auftreten kann. Mead[16]) untersucht dieses Maximum für die verschiedenen Typen und gibt an, daß man mit folgender Zunahme der normalen Drehzahl rechnen kann:

bei hohem, konstantem Gefälle,	Impulsturbinen	+ 100%
	Reaktionsturbinen	+ 50 bis 80%
bei niedrigem, stark schwankendem Gefälle		bis + 200%

So kommt man leicht zu Umfangsgeschwindigkeiten von 100—120 m/sek. Die hierbei auftretenden enormen Fliehkräfte verlangen große Sorgfalt in der Konstruktion, Verwendung nur erstklassigen Materials und zuverlässige Werkstattsarbeit. Buchta[17]) beschreibt die Konstruktionen der S. S. W., Lewinnek[18]) die der A. E. G. Die Maschinen beider Firmen werden bei hohen Drehzahlen zur Verminderung des starken Luftgeräusches gekapselt ausgeführt. Die Lüftung

wird durch zwei am Rotor angebaute Ventilatoren besorgt. Die A. E. G. wendet außerdem zur besseren Kühlung der Feldwicklung eine „Kühlrippenkonstruktion“ an, indem sie in gewissen Abständen einige der hochkant gewickelten Feldwindungen mit größerem Radius wickelt, so daß diese Windungen hervorstehen. Daß bei solchen rasch laufenden Maschinen alle Materialien vorher auf ihre Festigkeitseigenschaften genau untersucht werden, ist selbstverständlich. Aber damit begnügt man sich nicht. Vielmehr wird auch der fertige Rotor im ganzen noch einer Festigkeitsprobe unterworfen. Zu diesem Zwecke haben beide genannte Firmen besondere Schleudergruben eingerichtet, in denen die Rotoren mit der maximalen, beim Durchgehen der Turbine zu erwartenden Drehzahl geschleudert werden.

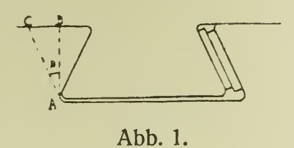


Abb. 1.

Wenn bei diesen Maschinen die Pole nicht, wie es vielfach geschieht, mit dem Rotorkörper zusammen aus dem Vollen ausgearbeitet werden, so wird meist die Schwalbenschwanzbefestigung gewählt. Hierbei ist es jedoch, wie Dalemont[19]) nachweist, nicht richtig, den gefährlichen Querschnitt bei A—B anzunehmen (s. Abb. 1). Die größte Beanspruchung tritt vielmehr im Querschnitt A—C auf, der um den Winkel β gegen A—B verdreht ist. Dalemont gibt an, wie der Winkel β berechnet werden kann.

Der Bau der normalen Drehstromgeneratoren ist bereits seit Jahren in ruhigem Fahrwasser, so daß hierin nicht viel neues mehr zu machen ist. Erwähnenswert ist vielleicht eine Konstruktion der S. S. W., weil sie das den Turbobau beherrschende Prinzip größter Raumausnutzung auch auf die kleinen Maschinen bis zu 125 KVA anwendet.[20]) Ihr neues Modell F wird mit „eingebauter Erregermaschine“ ausgeführt. Diese ist innerhalb des Lagerschildes angeordnet und daher gut geschützt, während gleichzeitig der Kommutator sowie auch die Schleifringe des Generators leicht zugänglich sind. Die Erregermaschine arbeitet mit Kompoundwicklung ohne Nebenschlußregler. Die Drehstromspannung wird durch einen Widerstand im Erregerkreis geregelt.

[1]) Stokvis, Diss., Oldenbourg, München. — [2]) Unger, Die Querfelddämpfung bei Einphasengeneratoren und Drehtransformatoren mit verteilter Wicklung. Diss., A. Seydels Nchfg., Charlottenburg. — [3]) Rezelman, Electrician (Ldn.) 1912, Vol. 68, 14, p. 550. — [4]) Rezelman, Electrician (Ldn.) 1912, Vol. 69, 9, p. 365—8. — [5]) Boucherot, Bull. Soc. Ing. civils France, 65. An., 1912, 1, p. 78—95. — [6]) Boucherot, Lumière el. 1911, 5, 16, p. 259—69. — [7]) Durgin u. Whitehead, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 31, 6, p. 897—920. — [8]) Field, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 31, 6, p. 963. — [9]) Linke, Arch. El., 1. Bd., p. 16—27. — [10]) Henry, Ind. el. 1912, 497, p. 401—2. — [11]) Fechheimer, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 31, 4, p. 305—61. — [12]) Benischke, El. Masch.-Bau. Wien, 1912, 9, p. 177—80. — [13]) Thomälen, El. Z. 1911, 48, p. 1206—11. — [14]) Brit. Thomson-Houston Co., Electrician (Ldn.), Vol. 69, 15, p. 613—5. — [15]) Rezelman, La Lumière El. 1911, T. 15, 38, p. 357—64. — [16]) Mead, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, 7, p. 1319—412. — [17]) Buchta, El. Kraftbetr. 1912, 29, p. 601—5. — [18]) Lewinnek, El. Kraftbetr. 1912, 29, p. 605—8. — [19]) Dalemont, La Lumière el. 1912, 5. p. 227. — [20]) Nachr. der S. S. W. 1912, p. 2.

Induktionsmotoren.

Theorie, Messungen und Allgemeines.

Der Drehstrommotor ist eine der einfachsten Maschinen und die Theorie seiner Wirkungsweise kann heute als Gemeingut der Elektrotechnik gelten. Gleichwohl finden wir im Berichtsjahre eine ganze Reihe von Artikeln, die sich

mit ihm beschäftigen, indem sie zum Teil Einzelfragen näher untersuchen, zum Teil auch bekannte Beziehungen auf neuen Wegen ableiten.

Der geringe Luftspalt des Drehstrommotors erfordert möglichst genaue Zentrierung des Rotors. Ist dieser durch schlechte Montage oder durch Abnutzung der Lager exzentrisch gelagert, so ergibt sich unter Umständen ein einseitiger magnetischer Zug und eine Erhöhung der Eisenverluste. Diese Frage behandeln Smith und Johnson[1]) mit dem Ergebnis, daß die zusätzlichen Eisenverluste bei geringer Exzentrizität zu vernachlässigen sind, insbesondere bei Motoren mit Kurzschlußanker. Bei dem Versuchsmotor betrugen sie erst 25% bei einer Exzentrizität von 70% des Luftspaltes, die in der Praxis bei einiger Sorgfalt wohl niemals vorkommen dürfte. Die zusätzlichen Kupferverluste im Rotor sind ebenfalls im allgemeinen vernachlässigbar klein und helfen übrigens im Sinne einer Abdämpfung der Feldpulsationen.

Für eine gegebene Leistung und Drehzahl gibt es einen Motor mit dem günstigsten Leistungsfaktor. Unter der (in Wirklichkeit allerdings nicht zutreffenden) Voraussetzung gleichen Luftspaltes ermittelt Hoock[2]) das günstigste Verhältnis von Eisenlänge: Polteilung, bei dem die Streuung ein Minimum, also der $(\cos\varphi)_{max}$ ein Maximum wird. Allgemein ergibt sich die Regel, daß dies dann eintritt, wenn die Summe der Nuten- und Zickzackstreuung gleich der Stirnstreuung wird. Das günstigste Verhältnis l_i/τ_p liegt zwischen folgenden Werten:

	Kurzschlußanker	Schleifringanker
bei kleinen Motoren	0,4—0,6	0,4—0,8
bei mittleren Motoren	0,6—1,3	0,8—1,5
bei großen Motoren	1,0—2,0	1,2—2,0

Eine wichtige Größe ist die Überlastbarkeit des Motors, die sich in bekannter Weise aus dem Kreisdiagramm ablesen läßt. Um die Aufzeichnung des Diagramms zu sparen, gibt Vidmar[3]) eine einfache Formel zur Berechnung der Überlastbarkeit (bezogen auf Leistung, nicht auf Drehmoment!):

$$U = \frac{E}{1000} \cdot \frac{\sqrt{3}}{L_{norm}} \cdot \left[\frac{I_k}{\sin\varphi_k} - I_0\right] \cdot \frac{1 - \cos\varphi_k}{2\sin\varphi_k}$$

worin L_{norm} = normale Leistung in kW, I_k = gemessener Kurzschlußstrom mit dem zugehörigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_k$ und I_0 = gemessener Leerlaufstrom ist.

Eine ganze Reihe von Arbeiten sind dem Kreisdiagramm gewidmet. Es ist bereits mehrfach auf verschiedenen Wegen bewiesen worden, daß auch mit Berücksichtigung des Statorwiderstandes der geometrische Ort des primären Stromvektors ein Kreis ist. Zum selben Ziele gelangt Krug[4]), der in seiner Dissertation den Beweis liefert mit Hilfe der komplexen Darstellungsweise. Drehmoment und Nutzleistung werden ebenfalls in komplexer Darstellung durch erste Potenzen der Watt- und wattlosen Komponenten des Primärstromes ausgedrückt und können daher durch gerade Strecken zwischen Vektorendpunkt des Primärstromes und den sogenannten Leistungslinien dargestellt werden. Die Lage dieser Linien wird durch eine Drehung des Koordinatensystems bestimmt.

Der „genaue" Kreis mit Berücksichtigung des primären Widerstandes wird allgemein als „Ossanna"-Kreis bezeichnet, da Ossanna zuerst auf rechnerischem Wege diesen Kreis angegeben hat, während der „einfache" Kreis als „Heylandkreis" bezeichnet wird. Demgegenüber ist von Interesse, daß Heyland[5]) in Erinnerung bringt, daß er selbst ursprünglich den „genauen" Kreis abgeleitet hat (1894) mit Berücksichtigung des Statorwiderstandes und daß er erst im folgenden Jahre (1895) die Vereinfachung gemacht hat, die EMK als konstant anzunehmen, weil das ursprüngliche, genaue Diagramm damals noch nicht das erforderliche Verständnis in den Fachkreisen gefunden hatte. Er zeigt nun an zwei Figuren, daß der Ossanna-Kreis nichts anderes ist als der ursprüngliche Heylandkreis von 1894.

Eine Vereinigung der von Ossanna, Arnold u. a. benutzten Darstellung des Drehmomentes und der Nutzleistung mittels der sogenannten Leistungsgeraden und des vereinfachten Heylandschen Kreises schlägt Wall[6]) in einem vor dem Inst. of El. Eng. gehaltenen Vortrage vor, als Ersatz für die von Heyland benutzten zwei Hilfskreise. Durch diesen beachtenswerten Vorschlag gewinnt das Diagramm entschieden an Einfachheit und Übersichtlichkeit. In der dem Vortrage folgenden Diskussion wird der Einwurf, das Diagramm sei ungenau, da es den primären Spannungsabfall vernachlässige, durch den Hinweis entkräftet, daß ja in dem sogenannten „genauen" Kreis auch noch eine Vernachlässigung enthalten sei, insofern als der Einfluß der Eisensättigung nicht berücksichtigt werde, der übrigens bei den modernen hochgesättigten Motoren Abweichungen vom Kreise ergibt in derselben Größenordnung, wie der Ohmsche Spannungsabfall im Stator.

Diese Frage untersucht Dreyfus[7]). Aus Versuchen an einem Motor, der bei verschiedenen Spannungen abgebremst wurde, ergibt sich, daß der für schwache Sättigungen giltige Kreis mit zunehmender Magnetisierung mehr und mehr in die Form einer Ellipse übergeht. Wenn man nun den Arbeitsbereich des Motors durch einen Kreisbogen ersetzt, so findet man, daß der Mittelpunkt dieses Näherungskreises in der Regel unterhalb der Abszissenachse liegt, eine Tatsache, die jeder bestätigen wird, der Bremsungen stark gesättigter Motoren im Kreisdiagramm aufgetragen hat. Während also der Ohmsche Spannungsabfall den Kreismittelpunkt nach oben verschiebt, wirkt die Eisensättigung gerade im entgegengesetzten Sinne. Für die Praxis genügt es also in den meisten Fällen, den vereinfachten Heylandschen Kreis mit dem Mittelpunkte auf der Achse der wattlosen Ströme zu verwenden. Dreyfus weist übrigens nach, daß auch für den den Arbeitsbereich wiedergebenden Ersatzkreis die Darstellung des Drehmomentes und der Nutzleistung durch Geraden möglich ist.

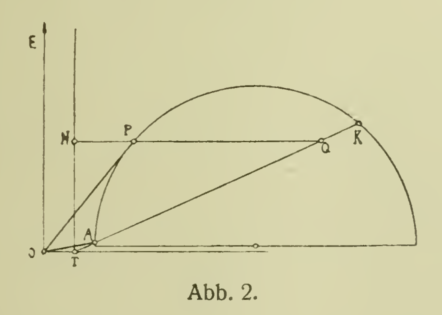


Abb. 2.

Eine einfache graphische Darstellung des Wirkungsgrades gibt Nicholson[8]). Es sei A der Leerlaufspunkt, K der Kurzschlußpunkt (Abb. 2), T der Schnittpunkt der durch A und K gelegten Geraden mit der Achse der wattlosen Ströme, und NT eine zur Spannungsachse parallele Gerade. Legt man dann durch einen beliebigen Belastungspunkt P eine Parallele zur Abszissenachse, so schneidet diese die beiden genannten Geraden in den Punkten N und Q. Dann ist nach Nicholson der Wirkungsgrad dargestellt durch das Verhältnis PQ/NQ. Eine ähnliche Darstellung gibt übrigens auch Dreyfus für den erwähnten Ersatzkreis.

Was schließlich die Aufnahme des Kreisdiagramms durch Messungen anlangt, so macht Catterson-Smith[9]) den Vorschlag, an Stelle einer Bremsreihe eine Reihe von Messungen bei Stillstand mit verschiedenen Widerständen im Rotorkreise zu machen, also den Motor einfach als Transformator zu untersuchen. Diese Methode ist nach Catterson-Smith besonders für Unterrichtszwecke geeignet zur Veranschaulichung der bekannten Tatsache, daß es für den primären Teil gleichgültig ist, ob die auf den sekundären Teil übertragene Leistung dort in elektrische oder mechanische umgewandelt wird. Der Nachteil der Methode liegt darin, daß die Ventilation fehlt und daß die Aufnahme des Stators unter

Umständen je nach der Relativstellung des Rotors verschieden ist. Ein großer Vorteil ist dagegen der, daß es auf diese Weise möglich ist auch den beim Bremsversuch labilen Teil des Kreises über das maximale Drehmoment hinaus bis zum eigentlichen Kurzschlußpunkt aufzunehmen.

Der Induktionsmotor wird bekanntlich oft als „Induktionsregler", d. i. als drehbarer Transformator verwendet. Bei Drehstrom bietet dies keine Schwierigkeiten. Beim Einphasen-Induktionsregler dagegen würde sich in der Querstellung ein außerordentlich starkes, durch den dann nicht mehr ausbalanzierten Hauptstrom erregtes Feld ausbilden. Um dies zu verhindern, muß man in die Querachse eine Dämpferwicklung legen. Die Wirkung dieser Querfelddämpfung untersucht Unger[10]) in seiner bereits an anderer Stelle genannten Dissertation und gibt dabei auch das Kreisdiagramm.

Bau.

Der gewöhnliche Drehstrommotor ist in konstruktiver Hinsicht für den Kranbetrieb nicht recht geeignet, da er sich in dem meist außerordentlich beschränkten Raume schlecht demontieren läßt. Um diesem Übelstande zu begegnen, haben die S. S. W. ein neues Modell für Kranbetrieb auf den Markt gebracht.[11]) Die Motoren haben ein vollständig geschlossenes, zweiteiliges Gehäuse. Die Teilung des Gehäuses ist auch auf die Lager ausgedehnt, wodurch eine leichte Instandhaltung von Welle und Lager ermöglicht wird. Der aktive lamellierte Statorblechkörper, der sonst einen mit dem Gußgehäuse fest verbundenen Körper bildet, ist hier als geschlossener, in sich steifer Zylinder ausgebildet, der mitsamt der ungeteilten Statorwicklung und dem in ihm liegenden Rotor aus dem Gehäuse herausgehoben werden kann. Gegen Verdrehung wird der Stator durch eine kräftige Feder und Nut in der unteren Gehäusehälfte geschützt. Der Hauptvorteil der Konstruktion liegt darin, daß man bei vorkommenden Reparaturen weder den Motor von seinem Fundament zu entfernen noch die Kupplung abzukeilen braucht.

Der Antrieb von Gebläsen und Kreiselpumpen durch Drehstrommotoren nimmt immer mehr zu. Hierbei zeigt sich ebenso wie auf dem Gebiete des Generatorenbaus das Bestreben nach Steigerung der Leistung und Geschwindigkeit. So baut z. B. die A. E. G.[12]) solche Motoren bis zu 1000 PS bei 3000 Uml/min und bis zu 1800 PS bei 1500 Uml/min.

Motoren mit Kurzschlußanker sind in Deutschland verhältnismäßig wenig im Gebrauch, weil man die Stromstöße beim Anlassen fürchtet. Im Auslande ist man nicht so bedenklich. Um ein stetiges Anlassen zu erreichen, führt Breguet[13]) einen Doppelmotor aus (Fr. Pat. 432 105). Er ordnet zwei gegeneinander um eine Polteilung verdrehbare Statoren mit getrennten Wicklungen an. Die beiden auf gemeinsamer Welle sitzenden Rotoren erhalten je eine selbständige Käfigwicklung mit hohem Widerstande. Außerdem haben sie noch eine gemeinsame durchgehende Käfigwicklung mit geringem Widerstande. Diese Arbeitswicklung bleibt beim Anfahren zunächst stromlos, da die Statoren um 180 elektrische Grade verdreht sind und daher die von den beiden Feldern in der durchgehenden Wicklung induzierten EMKe sich aufheben, während die beiden unabhängigen Wicklungen infolge ihres hohen Widerstandes ein hohes Anlaufmoment geben bei kleinem Strom. Das Anlassen geschieht durch langsames Verdrehen der Statoren in die phasengleiche Stellung, bei der dann die Arbeitswicklung des Rotors voll wirksam ist.

Eine andere Lösung bringt die Firma Dassenoy[14]) zur Ausführung, und zwar bei Motoren bis zu 150 PS. Auf der Welle sitzt neben dem normalen Blechpaket, das die Käfigwicklung trägt, noch ein zweites, unbewickeltes Eisenpaket. Durch eine mit Handrad versehene Schraubenspindel kann der ganze Rotor achsial verschoben werden. Beim Anlauf befindet sich zunächst nur ein Teil des normalen Blechpakets innerhalb der Statorbohrung, außerdem das unbewickelte Paket, so daß für einen Teil des Statorfeldes ein magnetisch gut leitender Weg geschaffen ist, was eine Verminderung des Anfahrstromes bewirkt. Nun wird der Rotor achsial verschoben, bis das bewickelte Paket vollständig innerhalb der

Statorbohrung steht und der Motor somit normal arbeitet. Das Anfahrmoment wird jedoch bei dieser Anordnung nicht erhöht.

Von der Möglichkeit, den Asynchronmotor bei übersynchronem Lauf als Generator arbeiten zu lassen, hat man bei uns noch wenig Gebrauch gemacht. Seitdem aber die Turbogeneratoren für große Leistungen betriebssicher gebaut werden können, scheint auch der Asynchrongenerator mit Kurzschlußanker ein Anwendungsgebiet zu finden. Nach Hobart und Knowlton[15]) eignet er sich besonders für große Leistungen bei hohen Drehzahlen, und zwar liegt die Grenze der möglichen Leistung höher als beim Synchrongenerator, bei dem sie in der Regel durch den Rotor gegeben ist mit Rücksicht auf die erforderliche Erregung. Da der Asynchrongenerator weniger Kupfer im Rotor braucht, so kann er besser ausgenützt werden. Am günstigsten liegen die Verhältnisse in Anlagen mit hohem cos φ oder noch besser mit voreilendem Netzstrom, da ja der Magnetisierungsstrom des Asynchrongenerators von den mit ihm parallel arbeitenden Synchronmaschinen geliefert werden muß. Da der Rotor mit Käfigwicklung ausgeführt wird, braucht die Maschine, abgesehen von gelegentlicher Nachfüllung der Lager, keine Wartung, zumal die Regulierung sich vollständig selbstätig einstellt, je nach der dem Generator zugeführten Leistung. Man wird ihn daher mit Vorteil zur Ausnutzung von Wasserkräften bei konstantem Zufluß verwenden, im Parallelbetrieb mit Dampfzentralen, die natürlich mit Synchronmaschinen auszustatten sind. Da beim Wegbleiben der Netzspannung das Drehmoment des Generators auch verschwindet, so geht die Turbine durch und erreicht unter Umständen die 1,8fache normale Drehzahl. Der Generator muß daher diese hohe Drehzahl sicher aushalten können. Eine große Schwierigkeit ergibt sich, wenn man mit Rücksicht auf leichte Auswechselbarkeit der Statorspulen offene Nuten anwenden will. Dann treten infolge des kleinen Luftspaltes starke Pulsationen in den Rotorzähnen auf, die außerordentlich hohe zusätzliche Verluste hervorrufen. Um diese niedrig zu halten, soll man nach Hobart und Knowlton die Durchflutung der Statornuten so niedrig als möglich halten, also starke Unterteilung vorsehen. Die Rotornuten sollen ganz geschlossen sein (in dem von den Verfassern beschriebenen 7500 KW-Generator betrug die Stegdicke der geschlossenen Rotornute 12 mm). Eine erhebliche Verbesserung erzielt man, wenn man die Statornuten durch Keile aus magnetischem Materiale schließt, das natürlich nicht massiv sein darf. Durch Versuche wurde an der erwähnten Maschine bei Verwendung von Holzkeilen ein zusätzlicher Verlust von 165 KW, bei magnetischen Keilen dagegen nur 70 KW festgestellt. Über die Konstruktion der magnetischen Keile ist leider nichts gesagt. Beim Entwurf solcher Maschinen ist auch darauf zu achten, daß in Anbetracht des kleinen Luftspaltes die kritische Drehzahl über der normalen liegen soll, damit der Rotor beim Anfahren nicht durch Vibrationen am Stator streifen kann. Bei Einphasenbetrieb hat der Asynchrongenerator übrigens noch den Vorteil, daß er keine besondere Dämpfungswicklung braucht, da er eine solche bereits in seiner Käfigwicklung besitzt.

[1]) Smith und Johnson, Jl. Inst. El. Eng. 1911, Vol. 48, 212, p. 546—69. — [2]) Hoock, El. Z. 1911, 51, p. 1300—3. — [3]) Vidmar, El. Masch.-Bau, Wien, 1912, 4, p. 78. — [4]) Krug, Das Kreisdiagramm der Induktionsmotoren. Springer, Berlin. — [5]) Heyland, El. Z. 1912, 49, p. 1281—2. — [6]) Wall, Jl. Inst. El. Eng. 1911, Vol. 48, 212, p. 499—514. — [7]) Dreyfus, Archiv f. El. 1912, 3, p. 124—35. — [8]) Nicholson, Jl. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 49, 214, p. 297—313. — [9]) Catterson-Smith, Jl. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 49, p. 635. — [10]) Unger, Dissertation. A. Seydel Nachf., Charlottenburg. — [11]) Nachr. der S. S. W. 1912, p. 121. — [12]) AEG-Druckschrift G III 13. Schnellaufende Drehstrommotoren. — [13]) Breguet, La Lumière él. 1911, t. 16, p. 411. — [14]) Dassenoy, L'Électricien 1912, T. 43, p. 144. — [15]) Hobart u. Knowlton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, Vol. 31, 6, p. 1045—71.

Wechselstrom-Kommutatormotoren.

Die Wechselstrom-Kommutatormaschinen sind noch immer das Thema, über das in der Literatur des Dynamobaues am fleißigsten geschrieben wird. Die Verhältnisse haben sich nur insofern etwas verschoben, als die Drehstrom-Kommutatormaschinen jetzt im Vordergrund des Interesses stehen. Neue Erfindungen oder wesentliche Verbesserungen sind nicht zu verzeichnen. Es wird mehr an der systematischen Zusammenfassung des Stoffes, an der Untersuchung von Einzelerscheinungen und an der Vertiefung in der Wirkungsweise der Maschinen gearbeitet.

An erster Stelle ist hier der letzte Band des großzügigen Werkes von Arnold „Die Wechselstromtechnik" zu nennen, der die Wechselstrom-Kommutatormaschinen[1]) behandelt. Es ist dies das erste zusammenfassende Werk auf diesem Gebiete und enthält sehr ausführlich Theorie, Arbeitsweise, Berechnung und Konstruktion der Einphasen- und Drehstrom-Kommutatormaschinen. Da auch die letzten Fortschritte hierin berücksichtigt worden sind, kann man sich in diesem Werke über den jüngsten Zweig des Dynamobaues sehr eingehend informieren.

Die gesamte Patentliteratur behandelt Dyhr[2]). Er klassifiziert und bespricht die wichtigsten, allgemeine Bedeutung beanspruchenden Patente über Einphasen-Kommutatormaschinen und die Wirkungsweise der ihren Inhalt bildenden Motoren, Schaltungen oder Einrichtungen unter einheitlichen Gesichtspunkten. Eine Zusammenstellung über die deutschen Patente der Mehrphasen-Kommutatormotoren sowie ein Verzeichnis der Literatur über diese Maschinen ist ebenfalls in der Arbeit enthalten.

Mit der systematischen Behandlung der bei einphasigen Kommutatormotoren möglichen Schaltungen und Regulierungen befaßt sich auch ein Artikel des Referenten[3]). Es wird gezeigt, daß sich alle wichtigen Schaltungen der Wechselstrom-Kommutatormaschinen auf den sogenannten Reihenschluß-Repulsionsmotor zurückführen lassen; einige neue Schaltungen werden angegeben. Für alle Schaltungen wird die Funkenspannung in Raumkoordinaten als Funktion von Geschwindigkeit und Drehmoment dargestellt und auch gezeigt, welche Vorteile die vom Referenten angegebene Schaltung mit der Erregerwicklung in dem Primärkreis des Reguliertransformators ergibt.

Über größere im Betrieb befindliche Kommutatormaschinen finden sich nur spärliche Angaben in der Literatur des Berichtsjahres. Zu erwähnen ist zunächst eine verhältnismäßig kurze Notiz[4]) über einen von den Bergmann-Elektrizitätswerken für den Antrieb einer Schnellzuglokomotive gelieferten Einphasen-Kommutatormotor von 1000 KW Leistung mit Regulierung durch Bürstenverstellung. Die einzelnen Ständerspulen jedes Pols sind im Gegensatz zu der im allgemeinen üblichen Anordnung parallel geschaltet, so daß sich die Stromverteilung in der Ständerwicklung stets so einstellen kann, daß die Kompensation der Ankerwicklung möglichst vollkommen wird. Diese Schaltung hat übrigens der Referent bereits zu Anfang des Jahres 1911 an einem 7 PS-Motor der Maffei-Schwartzkopff-Werke ausprobiert und gefunden, daß die Verbesserung des Bürstenfeuers und des Leistungsfaktors für die bei kleineren Repulsionsmotoren vorliegenden Verhältnisse nur gering ist. Die Regelung des Motors der Bergmann-Elektrizitäts-Gesellschaft erfolgt nicht ausschließlich durch Bürstenverstellung, sondern auch durch Spannungsänderung und zwar werden vor dem Überschalten auf die nächst höhere Spannungsstufe die Bürsten erst in die neutrale Zone zurückgeschoben, so daß bei der Umschaltung nur der Magnetisierungsstrom in den Schaltern fließt. Die Umsteuerung erfolgt ebenfalls durch Verstellung der Bürsten. Das Gewicht des Motors beträgt 15,5 t.

Eine Arbeit von Müller[5]) über die Wechselstrom-Kommutatormotoren der Bergmann-Elektrizitäts-Werke behandelt die zuvor erwähnte Wicklungsanordnung des Ständers mit Parallelschaltung der einzelnen Spulen jedes Pols etwas ausführlicher; es wird gezeigt, daß sich durch entsprechende Wahl der Windungszahl

jeder Spule die eigentliche Wendespannung aufheben läßt. Bei kleineren Motoren verwenden die Bergmann-Elektrizitätswerke für den Anker Sehnenwicklung, wie auch die Maffei-Schwartzkopff-Werke nach dem Vorschlage des Referenten. Die Bergmann-Elektrizitäts-Werke bauen auch Drehstrom-Kommutatormotoren. Aus dem Aufsatz von Müller ist zu entnehmen, daß sich Motoren von 200 bis 300 PS im Bau befinden.

Über die von den Siemens-Schuckertwerken gebauten Drehstrom-Reihenschlußmotoren mit Regelung durch Bürstenverschiebung berichtet Schenkel[6]) sehr ausführlich. Sehr beachtenswert ist die Ausführung mit doppeltem Bürstensatz, durch die ein stabiler Betrieb des Motors auch bei sehr geringer Geschwindigkeit des Motors erreicht wird, der bekanntlich bei einfachem Bürstensatz nur durch Änderung der Übersetzung eines zwischen Ständer- und Läuferwicklung geschalteten Reihenschluß-Transformators ermöglicht werden kann. Diese Drehstrommotoren der Siemens-Schuckertwerke haben nach der Arbeit von Schenkel schon eine große Verbreitung gefunden, die größten gebauten Motoren sind für Leistungen von 200 KW bei 500 Uml/min und 180 KW bei 300 Uml/min bemessen. Legouez[7]) behandelt in seinem Bericht auf dem Internationalen Kongreß in Turin einige von Latour herrührende Anordnungen und Schaltungen für Drehstrom-Kommutatormaschinen. Um funkenfreie Kommutierung zu erreichen, sollen die Spulenseiten der gerade aus dem Bürstenkurzschluß austretenden Spule immer in Nuten liegen, in denen sich noch Spulen befinden, die von Bürsten kurzgeschlossen sind, so daß durch den dämpfenden Einfluß dieser Spulen die Induktivität der die Bürsten verlassenden Spule verschwindend klein wird. Hierbei darf der zweipolige Anker mit drei um 120° versetzte Bürsten nur 6 Nuten haben. Es wird deshalb zur Speisung des Kommutatorankers die Phasenzahl des Netzes durch entsprechende Transformatoranordnungen auf eine höhere Phasenzahl umgeformt. Durch eine zweite Ankerwicklung, die an dieselben Kommutatorlamellen angeschlossen ist, aber um zwei Nutenteilungen geringere Spulenweite hat als die erste, wird bei derselben Zahl von Bürstensätzen die Ausführung mit doppelter Nutenzahl ermöglicht. Größere Motoren mit und ohne diese zuletzt erwähnte Wicklung sind bereits bis zu einer Leistung von 260 KW ausgeführt.

Eine Reihe von Arbeiten ist der Theorie und der Berechnung der Maschinen gewidmet. Es möge hier zunächst die sehr ausführliche Arbeit von Hillebrand[8]) über die Theorie des Drehstrom-Kommutator-Nebenschlußmotors mit getrennter Erreger- und Kompensationswicklung erwähnt werden, in der das Kreisdiagramm für diese Motoren abgeleitet und mit Versuchsresultaten verglichen wird. Das Kreisdiagramm für den Thomsonschen Repulsionsmotor wird in der Arbeit von Wall[9]) behandelt. Schenkel[10]) gibt einige Formeln zur Berechnung der Streuung von Wechselstrommaschinen und speziell Wechselstrom-Kommutatormaschinen an und zeigt ihre Übereinstimmung mit zahlreichen Messungen an ausgeführten Maschinen. Über die Kommutierung bei Wechselstrom-Kommutatormaschinen handeln zwei Arbeiten von Schenfer[11]). Die eine bezieht sich auf Einphasenmaschinen, die andere auf Drehstrommaschinen. Es wird die Kommutierungsgleichung aufgestellt, ihre graphische Lösung gegeben und zur Erläuterung werden auch einige Oszillogramme veröffentlicht.

Sehr eingehend wurde in der Literatur des Berichtsjahres die Nutzbremsung und die Selbsterregung von Wechselstrom-Kommutatormaschinen behandelt. Die Nutzbremsung wird bei Wechselstrom-Kommutatormotoren mit Reihenschlußcharakteristik dadurch erschwert oder unmöglich gemacht, daß die Maschine neben dem Strom mit der Netzfrequenz noch einen solchen von anderer Frequenz erzeugt, der wohl auf die Kommutatormaschine bremsend wirkt, aber keine Nutzleistung für das Wechselstromnetz bedeutet. Es sind hierüber Arbeiten von Niethammer und Siegel,[12]) Fraenkel,[13]) Müller,[14]) Schenkel[15]) und Moser[16]) erschienen. Es dürfte heute als feststehend gelten, daß die Drehstrom-Reihenschlußmotoren durch passende Einstellung der Bürsten befähigt werden,

Energie an das Netz zurückzugeben. Ein Wechselstrom, dessen Frequenz von der Netzfrequenz abweicht, wird auch hierbei erzeugt, doch kann die Selbsterregung im allgemeinen durch einen verhältnismäßig geringen Ohmschen Widerstand unterdrückt werden; unter günstigen Verhältnissen wird nur etwa ¼ der elektrischen Leistung im Vorschaltwiderstand in Wärme umgesetzt. Beim Einphasen-Reihenschlußmotor ist keine Nutzbremsung, wohl aber Gegenstrombremsung möglich.

[1]) Arnold, la Cour u. Fraenkel, Die Wechselstrom-Kommutatormaschinen. Berlin, Julius Springer. — [2]) Dyhr, Die Einphasen-Motoren nach den deutschen Patentschriften. Berlin, Julius Springer. — [3]) Richter, E. Z. 1911, p. 1258. — [4]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 621. — [5]) Müller, El. Z. 1912, p. 302. — [6]) Schenkel, El. Z. 1912, p. 473. — [7]) Legouez, Rev. El. 1911, p. 311. — [8]) Hillebrand, Diss., München. — [9]) Wall, Engineering 1912, p. 62 und Electrician, Vol. 69, p. 23. — [10]) Schenkel, El. Masch.-Bau 1911, p. 1019. — [11]) Schenfer, El. Masch.-Bau 1911, p. 1087; 1912, p. 345. — [12]) El. Masch.-Bau 1911, p. 1063; 1912, p. 717 u. 801. — [13]) Fraenkel, El. Masch.-Bau 1912, p. 677. — [14]) Müller, El. Kraftbetr. 1911, p. 641. — [15]) Schenkel, El. Z. 1912, p. 873. — [16]) Moser, El. Masch.-Bau 1912, p. 463.

Rotierende Umformer und Gleichrichter.

Das wichtige Problem der Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom hat für die Starkstromtechnik eine befriedigende Lösung bisher nur auf dem Wege der rotierenden Umformer ergeben. Die Versuche, mit Hilfe ruhender Apparate auf chemischem Wege eine Unterdrückung der negativen Halbwelle herbeizuführen, sind für große Leistungen bis auf absehbare Zeit als unausführbar zu betrachten. Aber gerade dadurch sind die Grenzen der Leistung ohne weiteres auch innerhalb derselben Größenordnung gegeben, wie beim Bau großer Gleichstrommaschinen, nämlich durch die Größe des Kollektors. Das Jahr 1912 hat bemerkenswerte Erweiterungen dieser Grenzen nicht gebracht. Insbesondere ist nichts darüber bekannt geworden, die Geschwindigkeit rotierender Umformer wesentlich zu steigern, d. h., die Erfahrungen, welche beim Bau von Gleichstrom-Turbo-Generatoren gesammelt wurden, auch auf das Gebiet der rotierenden Umformer zu übertragen. Immer noch bewegen sich die Umlaufszahlen für Wechselstrom-Gleichstrom-Konverter innerhalb derjenigen verhältnismäßig niedrigen Geschwindigkeiten, welche nach dem Stande der älteren Gleichstromtechnik gegeben waren.

Ist doch die große Beliebtheit, welche der Kaskadenumformer gefunden hat und welche auch in der Literatur des Jahres 1912 durch zahlreiche Veröffentlichungen zum Ausdruck kommt, allein darauf zurückzuführen, daß mit dieser Anordnung die Tourenzahl niedriger gehalten werden kann als durch gewöhnliche Einankerumformer, um dabei die bei Gleichstrom immer vorhandene Unbequemlichkeit hoher Polzahl am Kollektor zu vermeiden. Daß die Verwendung der Einankerumformer jedem anderen Umformer-Typus in bezug auf Wirkungsgrad, Einfachheit und Billigkeit überlegen ist, unterliegt keinem Zweifel.

Alle Mittel, um den Einankerumformer zu umgehen, haben ihre Lebensberechtigung in der Scheu vor der Verwendung hoher Geschwindigkeiten. Offenbar sind die Erfahrungen, welche beim Bau von Turbogeneratoren gewonnen wurden, noch nicht hinreichend, um die Anwendung hoher Umfangsgeschwindigkeiten ratsam erscheinen zu lassen, selbst wenn hiermit wirtschaftliche und technische Nachteile verbunden sind.

Welcher konstruktive Unterschied könnte zwischen der Ausführung eines 1000 KW-Umformers mit 1500 Touren und 4 Polen gegenüber einem gleich großen Turbogenerator gefunden werden, wenn man berücksichtigt, daß der Konverter in seinen Abmessungen, abgesehen vom Kollektor, wesentlich kleiner ausfallen kann

und geringere Verluste aufweist, daher leichter der Kühlung zugänglich ist und auch in bezug auf funkenlosen Gang dem Turbogenerator überlegen ist?! — Statt dessen finden wir einen Einankerumformer[1]) für 1000 KW mit 428 Touren, für 1500 KW mit 375 Touren.

Auch die Geschwindigkeiten von Motorgeneratoren und Kaskadenumformern sind verhältnismäßig niedrig, z. B.[1]) ein Motorgenerator mit 250 KW, 750 Touren, 1200 Volt und ein Kaskadenumformer von 1000 KW mit 375 Touren.

Auch die Furcht vor der Anwendung höherer Spannungen als 500—750 Volt bei Einankerumformern wird voraussichtlich mit der Zeit verschwinden, da die Möglichkeit der Verwendung von Kollektormaschinen für weit höhere Gleichstromspannungen durch praktische Ausführungen längst erwiesen ist.

Die Einführung der Wendepole und sonstigen Kompensationsvorrichtungen beim Bau von Umformern ist längst in das gewohnte Rüstzeug des Konstrukteurs übergegangen. Mit welchem Erfolg dies geschehen ist, zeigt der Bericht über einen 7500 KW-Einankerumformer[2]) im 96. Unterwerk der Interborough Rapid Transit Company, New-York, von welchem hervorzuheben ist, daß die Belastung häufig genug mit bestem Erfolg auf 10 000 KW gesteigert werden konnte, jedoch ebenfalls mit der niederen Geschwindigkeit von 190 Uml/min. Im gleichen Zusammenhange bemerkenswert ist auch ein 1500 KW-Einankerumformer der Westinghouse Co.[3])

Ein weiteres allgemeines Hilfsmittel bei Verwendung rotierender Umformer ist der Anbau von Zusatzmaschinen auf derselben Welle zum Zwecke der Spannungsänderung, welche bekanntlich bei Einankerumformern wegen des starren Verhältnisses zwischen Wechselstrom- und Gleichstromspannung Schwierigkeiten bereitet. Die zusätzliche Spannung kann entweder auf der Wechselstrom- oder auf der Gleichstromseite erzeugt werden. Beispiele beider Systeme finden sich in den Beschreibungen eines Einankerumformers mit Wechselstrom-Zusatzmaschine der Westinghouse Co.[4]), ferner eines solchen der General Electric Co.[5])

Ein weiteres Mittel für die Erreichung veränderlicher Spannung auf der Gleichstromseite ist der Spaltpolumformer, über welchen Garnier[6]) Bericht erstattet. Die von ihm gegebene Theorie seiner Maschinentypen zeigt, daß der Generator hierdurch wesentlich vergrößert wird. Als weiterer wesentlicher Nachteil erscheint der Umstand, daß die neutrale Zone, welche durch die zusätzlichen Pole ausgefüllt ist, nicht mehr imstande ist, auch noch Wendepole aufzunehmen. Trotz dieser beiden Schwierigkeiten scheint der Spaltpolumformer nach Angaben von Garnier immerhin so weit marktfähig zu sein, daß Typen mit 2000 KW mit Erfolg gebaut worden sind. Die Regulierfähigkeit beträgt hierbei 33 Prozent der Höchstspannung.

Der bereits erwähnte Einankerumformer der General Electric Co. für 300 KW, 50 Perioden, 8 Pole, 750 Touren, erreicht dieselbe Spannungsschwankung, nämlich 460—580 Volt durch Serienerregung eines angebauten Boosters. Interessant ist hierbei die Anordnung, daß dieser Booster für normalen Beleuchtungs- und Kraftbetrieb mit Nebenschlußerregung arbeitet, für Straßenbahnbetrieb jedoch mit Hauptstromerregung. Hierdurch ist es möglich, die Spannung auf den erwähnten Betrag von 580 Volt bei 100% Überlast selbsttätig zu steigern.

Bemerkenswert ist es, daß die Versuche, die Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom mit Hilfe eines synchron rotierenden Kollektors auszuführen, noch nicht ganz aufgegeben zu sein scheinen. Hierfür spricht eine Veröffentlichung von Stein[7]) über einen solchen Apparat zur Umformung von 6 KW Drehstrom in Gleichstrom. Der Gleichrichter, welcher von den Siemens-Schuckertwerken ausgeführt ist, dient zur Ladung von Automobilakkumulatoren und soll nach den Angaben des Verfassers trotz der kleinen Leistung einen Wirkungsgrad von 85 bis 90% haben.

Wie die alte Schwierigkeit der mangelnden Synchronisierung des Motors und der hieraus sich ergebenden Funkenbildung überwunden wurde, wird allerdings nicht mitgeteilt. Bekanntlich waren es diese Schwierigkeiten, an welchen Ch.

Pollak seinerzeit scheiterte, als er im großen Maaßstabe Wechselstrom in Gleichstrom zur Speisung seiner Akkumulatorenfabrik umformen wollte. Sollte wirklich dieses alte Problem in der vorliegenden, wenn auch kleinen Ausführung eine befriedigende Lösung gefunden haben, so wäre dies allerdings als ein wesentlicher Fortschritt auf dem besprochenen Gebiete zu begrüßen.

Von ruhenden Gleichrichtern scheint der Quecksilberdampf-Gleichrichter nach einem Bericht von B. Schäfer[8]), Frankfurt a. M., bedeutende Fortschritte gemacht zu haben. Hier wird von Apparaten berichtet, welche 300 KW Wechselstrom in Gleichstrom bei täglich 10-stündiger Arbeitszeit dauernd umformen. Damit ist ein Weg gegeben, der fast unabsehbare Perspektiven eröffnet.

Die in dieser Abhandlung beschriebenen Apparate weisen einen durchaus maschinellen und betriebssicheren Charakter auf. Die Gefäße bestehen nicht mehr aus Glas, sondern aus Eisen.

Das Problem der gasdichten Zuführung der Elektroden scheint durch eine wirksame Quecksilberdichtung überwunden zu sein. Die Rückzündung, d. h. das Auftreten von Strömen in der unerwünschten Richtung durch Kondensation von Quecksilber an den Anoden ist, nach der Beschreibung zu schließen, durch eine entsprechende wirksame Umhüllung der Anoden verhindert und der Ausbau einer solchen Zelle derart angeordnet, daß die Elektroden von dem glühenden Dampfstrom, welcher von der Kathode ausgeht, nicht mehr getroffen werden können.

Um endlich auch das Vakuum dauernd kontrollieren zu können, sind Meßmethoden ausgearbeitet worden, welche die entsprechenden Messungen in bequemer und einfacher Weise auszuführen gestatten und nach denen auch Alarmapparate ausgebildet werden können. Angaben über Wirkungsgrad sind in dieser Abhandlung nur indirekt gegeben, insofern als der kleinste gemessene Spannungsabfall bei 7 cm Elektrodenabstand 11½ Volt beträgt. Bei genügend hoher Spannung würde dies zu außerordentlich günstigen Wirkungsgraden führen. Man wird daher den Untersuchungen, welche Epstein an solchen Anlagen derzeit anstellt, mit großem Interesse entgegesehen dürfen.

[1]) Idelberger, El. Kraftbetr. 1912, p. 302—17. — [2]) Westinghouse Co., El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 726—7. — [3]) Westinghouse Co., El. World, Vol. 60, p. 278. — [4]) Westinghouse Co., El. World, Vol. 59, p. 1132. — [5]) General Electric Co., El. Rev. (Ldn.), Vol. 70, p. 1804. — [6]) Garnier, Ind. El. 1912, p. 296. — [7]) Stein, El. Z. 1912, p. 56. — [8]) Schäfer, El. Z. 1912, p. 1164.

Transformatoren.

Für den Transformatorenbau bedeutet das Jahre 1912 einen Abschnitt ruhiger Fortentwicklung, insbesondere nach Richtung der äußersten Gebrauchsgrenzen für die erreichbaren Spannungen. Durch besondere Fortschritte in bezug auf wesentliche Verbesserungen in dem Sinne, wie sie seinerzeit durch die Einführung des legierten Eisens hervorgerufen wurden, ist dieses Jahr nicht ausgezeichnet.

Wie alle in der Praxis verwendeten elektrischen Apparate und Maschinen ist auch der Transformator noch wesentlichen Vervollkommnungen zugängig, da nur ein verhältnismäßig kleiner Bruchteil von der Größenordnung ¹/₅—½ des zur Verfügung stehenden Wickelraumes ausgenutzt werden kann.

Von einer weitgehenden Anwendung der sogenannten emaillierten Drähte ist bisher noch nichts in die Öffentlichkeit gedrungen. Demnach scheint das Vertrauen der ausführenden Firmen zu diesem Isoliermaterial noch nicht hinreichend gefestigt zu sein, trotzdem gerade für den Bau der ruhenden Spulen die Verwendung dieses Materials als besonders empfehlenswert hingestellt zu werden pflegt. Soweit die Literatur in Frage kommt, scheint sich das Hauptinteresse einerseits den beiden Grenzgebieten der sehr großen und sehr kleinen Einheiten zuzuwenden, anderseits den Grenzen der erreichbaren Spannung.

Bezüglich der großen Einheiten gibt der Bericht von Taylor[1]) als äußerste Grenze bereits 20 000 KW an. Als Vertreter kleinster Typen treten uns Berichte über die sogenannten Reduktoren entgegen, der bekannten kleinen Transformatoren, welche dazu dienen, Ersparnisse durch Verwendung niedrigkerziger Lampen herbeizuführen. Es sind dies Apparate von solcher Kleinheit, daß sie in die Fassung einer Glühlampe eingeschraubt werden können.[2])

Ferner besteht das Bestreben, kleine Transformatorentypen zum Bau von Klingelleitungen zu verwenden an Stelle von Elementen.[3])

Als Versuchstyp von besonders hoher Spannung ging durch die Literatur der Bericht über eine Ausführung der General Electric Co, Amerika, mit 750 000 V. Nicht ganz so hoch gelangt die Westinghouse Co. bei einem Transformator mit 500 000 V.[4]) Dieser Transformator ist bemerkenswert dadurch, daß nur eine Hochspannungsklemme vorhanden ist, da die andere Klemme geerdet wird, d. h. direkt am Gehäuse liegt. Diejenigen Spulen, welche dem Joch am nächsten liegen, haben diesem gegenüber die geringste Spannung, hingegen führen die mittleren Spulen, welche am weitesten entfernt sind, die höchste Spannung, so daß die Hochspannungsklemme von der Mitte herausgeführt werden kann.

Materialien. Die Verwendung der legierten Bleche ist allgemein geworden. Für die Beanspruchung des Eisens ist, soweit aus der Literatur zu entnehmen, die Sättigungsgrenze für 50 Perioden bei etwa 10 000 anzunehmen.[5])

Die Schwierigkeiten des Alterns scheinen überwunden zu sein, bzw. ist der Einfluß auf die Grenze zwischen 4 und 5% beschränkt, d. h. praktisch zu vernachlässigen.

Nach Angaben von Vidmar liegt freilich die normale Sättigung von Transformatoren, insbesondere der von ihm behandelten Trockentransformatoren[6]) mit Kühlrippen zwischen 12 000 bis 14 000. Hier handelt es sich jedoch um Spezialerfahrungen mit der sehr interessanten Pichler'schen Rippenkühlung, welche eine wesentlich weitergehende Beanspruchung von Transformatoren zuläßt. — Es ist dies jedoch ein Typ, der für höhere Spannungen nicht mehr brauchbar ist, also auch nicht als normale Ausführung angesehen werden kann. Die angegebene Sättigung bezieht sich auch nicht auf den ganzen magnetischen Kreis, sondern nur auf die Kerne, welche allerdings in diesem Falle ebenfalls aus Spezialgründen, die mit Verwendung der Kühlrippen zusammenhängen, reichlich kurz gehalten werden müssen. Aber selbst hiergegen wird sich der Einwand eines zu hohen Magnetisierungsstromes erheben lassen, der eine so weite Ausnutzung des Eisens nicht rechtfertigt, selbst wenn die Abkühlungsverhältnisse sich wirklich günstig gestalten und auch der Preis sich als so günstig ergibt, wie in der Arbeit von Vidmar angegeben wird.

Höhere Sättigungen findet man freilich bei Transformatoren für niedrige Schwingungszahl, wie solche bei der Versuchsstrecke Dessau—Bitterfeld mit 15 Perioden in Anwendung kamen. Nach mir zur Verfügung gestellten Angaben ist dort die Sättigung im Kern bis zu 16 000 getrieben, im Joch allerdings nur bis zu 11 000. Offenbar sind in solchen Fällen die Grenzen nicht durch die Verluste bzw. Erwärmung gegeben, sondern weit deutlicher durch die Permeabilität des Eisens, welche bei noch weitergehender Beanspruchung einen wesentlich zu hohen Leerlaufstrom im Gefolge haben würden.

Ohnehin ist bei dem angedeuteten Fall eines Transformators für 1800 KW der Leerlaufstrom mit 13½% des Normalstromes zu veranschlagen, was bereits bedenklich außerhalb der sonst zugelassenen Werte liegen dürfte. Hier scheint eine Verbesserung in Richtung der Verwendung chemisch reinen Eisens geboten, durch welche nicht bloß die Hystereseverluste wesentlich verringert werden könnten, sondern insbesondere auch die Grenze der Beanspruchung durch wesentliche Verbesserung der Permeabilität sehr viel weiter hinausgeschoben werden würde, vorausgesetzt, daß ein derartiges Material zu marktfähigen Preisen geliefert werden könnte.

Eine Reihe von Beschreibungen ausgeführter Transformatoren[7]) zeigt, daß die Verwendung von Öl für Isolations- und Kühlzwecke immer allgemeiner wird. Mit der Verwendung von Öl verliert die Erwärmungsfrage immer mehr an Bedeutung. An ihre Stelle rückt allein die Frage des Preises und mehr und mehr auch bereits die Rücksicht auf den Wirkungsgrad, als deutlichste Grenze jedoch die Frage des Leerlaufstromes. — Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Regelung gerade dieser Frage voraussichtlich eine Ergänzung der Verbandsvorschriften erforderlich machen wird. Es sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Vidmar als besonders wertvoll hingewiesen. Sie erlauben unter anderen die interessante Schlußfolgerung, daß Transformatoren mit Kühlrippen fast ebenso hoch in Material beansprucht werden können wie Öltransformatoren, daher also gegenüber diesen durch das Fehlen des Öles und des Ölkastens hervorragend konkurrenzfähig sind. Bezüglich der zu verwendenden Isoliermaterialien scheint hauptsächlich die Wahl der richtigen Ölsorten die Aufmerksamkeit der Konstrukteure zu erwecken, da hierüber zahlreiche Berichte vorliegen.

Bezüglich der Wahl der übrigen Isolationsmaterialien finden sich wertvolle Winke in der auch sonst wichtigen Arbeit von Henry.

Aufbau. Bezüglich des allgemeinen Aufbaues der Transformatoren ist, wie aus allen Veröffentlichungen hervorgeht, der Kerntyp der allein herrschende geworden. Die Spulen werden durchgängig rund ausgeführt und der Kern paßt sich mit dem bekannten kreuzförmigen Querschnitt dem inneren Durchmesser der Spulen mit einem Maximum der Raumausnutzung möglichst an. Ebenso hat die konzentrische Anordnung von Hoch- und Niederspannungswicklung den Sieg davongetragen, abgesehen von der Spezialausführung mit Kühlrippen nach Pichler, wo diese Anordnung natürlich unmöglich ist.

Theorie. Wesentliche Änderungen in der theoretischen Anschauung der Vorgänge im Transformator sind nicht zu verzeichnen. Hingegen sind einige Arbeiten bemerkenswert, welche sich mit der Frage der Anlaßstromstärke von Transformatoren beschäftigen und welche im wesentichen dahin zielen, den Strom, welcher innerhalb der ersten Schwingung beim Einschalten sehr beträchtliche Stärke annehmen kann, zu berechnen[8]) und seine schädlichen Wirkungen durch Vorschalten einer eisenlosen Drosselspule oder eines induktionsfreien Widerstandes möglichst zu verringern.

In diesem Zusammenhange gewinnen die Arbeiten von Emde[9]) dadurch erhöhtes Interesse, daß sie die Berechnung derartiger eisenfreier Drosselspulen behandeln und die Formeln entwickeln, um die Induktanz einer solchen Spule unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Gewicht und Erwärmung zu berechnen, eine Aufgabe, die bisher nur unvollkommen erfüllt werden konnte.

Weitere Ergänzungen in der Theorie findet man nur noch in bezug auf die Vorgänge im Stromtransformator, dessen Bedeutung in Verbindung mit Meßinstrumenten in Hochspannungskreisen mehr und mehr steigt. Eine verhältnismäßig einfache Entwicklung des Diagrammes eines solchen Stromwandlers wird durch die Arbeit von Möller & Gewecke[10]) geboten.

Die Schwierigkeiten für den Bau solcher Stromwandler in Hochspannungsanlagen und deren Überwindung bis zu Spannungen von 110 000 Volt schildert eine Arbeit von Russel[11]).

Berechnung. Über wesentliche Änderungen im Entwurf von Transformatoren kann in dem behandelten Zeitabschnitt nichts wichtiges berichtet werden. Das richtige Verhältnis zwischen Eisen- und Kupfermenge wird in einer Arbeit von Feldmann & Loos[12]) erörtert. Die Schwankungen des Preises beider Materialien spielen hier eine wichtige Rolle und ihre Berücksichtigung erfordert eine ständige Revision der vorhandenen Typenreihen. Interessant sind die positiven Annahmen über die Preise für fertig gewickeltes Kupfer, welches nach Vidmar derzeit für Transformatoren mit 3 M/kg angenommen wird, während das legierte Eisen mit 1,30 Mk. eingesetzt wird. Je nach dem Verhältnis dieser Zahlen wird natürlich auch das Verhältnis dieser beiden Grundstoffe sich ändern.

Aufstellung. Der Unterbringung der Transformatoren wurde auch im Berichtsjahre eine erhebliche Aufmerksamkeit zugewendet. Über die bekannte Ausführung der Masttransformatoren nach amerikanischem System berichtet Lawson[13]), über die fahrbare Unterbringung von Transformatoren für landwirtschaftliche Zwecke berichtet Krohne[14]).

Wichtige Beispiele von Transformatorenhäusern aus Eisenbeton findet man in der El. Z. 1912, p. 347, wobei der charakteristische Zug unserer Zeit zum Ausdruck kommt, Bauwerke jeder Art mit dem Landschaftsbild möglichst in Einklang zu bringen.

[1]) Taylor, El. Rev. (Chic.), Vol. 59, 1911. — [2]) Howald, Techn. Mitt. Nachr. 1912, 5, p. 11. — [3]) Der Elektrotechniker 1912, p. 27. — [4]) El. Anz. 1912, p. 808. — [5]) Henry, Ind. El. 1912, p. 5. — [6]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1912, p. 1043. — [7]) Taylor, l. c.; Henry, l. c.; Reisset, Lum. El., Ser. 2, T. 19, p. 7; Breth, Petroleum, 7. Jg., 1911, p. 190. — [8]) Yensen, El. Z. 1912, p. 1001. — [9]) Emde, El. Masch.-Bau 1912, p. 221. — [10]) Möller u. Gewecke, El. Z. 1912, p. 270. — [11]) Russel, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 1015. — [12]) Feldmann u. Loos, Lum. él., Ser. 2, T. 17, p. 85. — [13]) Lawson, El. Jl., Vol. 9, p. 338—44. — [14]) Krohne, A.E.G.-Ztg., 15. Jahrg.

Elektrische Getriebe.

Eine neue Bereicherung erfuhr das Gebiet der Übersetzungsgetriebe durch die Erfindung eines Unipolargetriebes[1]), welches analog einer Ward-Leonard-

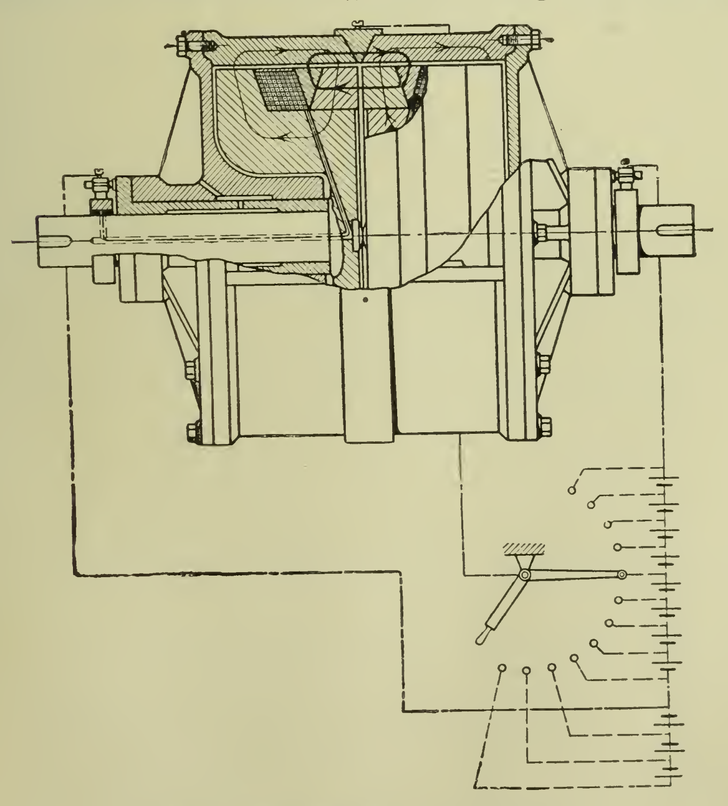


Abb. 3. Unipolargetriebe von Breslauer.

anordnung durch Veränderung der Feldstärken beliebig in der Geschwindigkeit reguliert und umgesteuert werden kann. Dieses Getriebe besteht aus der Vereinigung zweier Unipolarmaschinen in einem gemeinsamen Gehäuse, wie die vorstehende Abbildung zeigt. Der Stromweg, wie er in dem stark ausgezogenen Pfeil angedeutet ist, wird durch Quecksilber ermöglicht, das den Raum zwischen den beiden Ankern und dem Gehäuse ausfüllt.

Durch eingehende Rechnung wird gezeigt, daß das Gewicht einer derartigen Anordnung bei gleicher Regulierfähigkeit nur etwa 5—10% einer gleichwertigen Leonardanordnung ist; ferner werden die Bedenken zerstreut, die sich aus der Verwendung von Quecksilber ergeben. Ein ausgeführter Versuch berechnet für 55 PS bei 188 Uml/min ergab bei einem Gewicht von nur 115 kg gute Übereinstimmung mit der Rechnung.

Die vorzügliche Manövrierfähigkeit in Verbindung mit dem leichten Gewicht machen es geeignet für alle Antriebe, welche primär mit einem Explosionsmotor arbeiten z. B. Automobilantriebe, Propellerantriebe, aber auch als Zwischenglied bei Antrieben durch Drehstromkurzschlußmotoren.

[1]) M. Breslauer, El. Z., 1912, p. 105; Lum. él., Ser. 2, T. 17, p. 141, 330. 5 Abb.

Elektromagnete.

Aus den Veröffentlichungen über Elektromagnete für die verschiedenen Anwendungsgebiete geht hervor, daß die Sicherheit in der Berechnung solcher Magnete wesentliche Fortschritte gemacht hat. Die allgemein angenommene Form für alle diese Apparate ist die des Topfmagnets.

Nun besteht die theoretische und rechnerische Schwierigkeit darin, daß eine einigermaßen zuverlässige Bestimmung des Kraftlinienverlaufes im Innern eines solchen Magnets mindestens bei großen Huben unmöglich ist und voraussichtlich für alle Zeiten unmöglich bleiben wird. Besonders lehrreich sind nach dieser Richtung hin die Bemühungen von Kalisch[1]), den Kraftlinienverlauf zeichnerisch und experimentell auch für große Hube festzustellen, ohne dabei zu einer befriedigend einfachen Lösung zu gelangen, welche für Berechnung in der Praxis verwendbar wäre. Es scheint, daß die Verwendbarkeit solcher Magnete am besten auf geringen Hub von 1—2 cm beschränkt wird, und in diesem Sinne ist im Berichtsjahre insbesondere die Arbeit von Pfiffner[2]) von besonderer Bedeutung. Hier werden Berechnungsmethoden entwickelt, welche für die Praxis direkt brauchbar sind und nicht bloß die technischen Fragen beantworten, sondern auch insbesondere die Preisfrage aufs Eingehendste berücksichtigen.

Von besonderem Interesse ist unter anderem die Betrachtung, welche Pfiffner bezüglich der Verwendung von Aluminium an Stelle von Kupfer anstellt. Er macht hierbei ausgedehnten Gebrauch von der Möglichkeit, als Isolation die bekannte Oxydhaut zu verwenden, welche sich von selbst auf allen Aluminiumoberflächen bildet und welche die bekannten Vorzüge besitzt, erstens die Wärmeleitung der gesamten Wicklung derart zu vergrößern, daß sie in ihrem thermischen Verhalten einer reinen und durch keine Isolationsschichten unterbrochenen Metallmasse nahezu gleichkommt. Ferner verträgt dieses Isolationsmittel selbstverständlich viel höhere Temperaturen, so daß man bis zu einer Temperaturerhöhung von 150° gehen dürfte, wenn nicht die Erhöhung des spezifischen Widerstandes (Temperaturkoeffizient) ebenfalls eine obere Grenze setzte.

Diese Betrachtungen bedeuten eine einschneidende Neuerung, insofern als hiernach der Wickelraum in einem unvergleichlich höheren Grade ausgenutzt werden kann, als dies bei Kupfer mit Faserisolation auch nur von ferne denkbar ist. Daher die Möglichkeit, die viel besseren Eigenschaften des Kupfers sowohl in bezug auf Tragkraft, als auch in bezug auf Kosten auszugleichen.

Als besonders interessantes Resultat der erwähnten Arbeit möge berichtet werden, daß sich für einen Magnet von 750 mm Außendurchmesser bei einem

Energieaufwand von 2700 W eine Verminderung der Herstellungskosten für 1 kg Tragkraft um 45% und eine Verminderung des Gewichtes für 1 kg Tragkraft um 39% ergibt. Bemerkenswert ist, daß nach den Berechnungen von Pfiffner ebenso wie für Transformatoren auch für Magnete das Gesetz gültig ist, wonach das Minimum der Kosten dann eintritt, wenn die Kosten für Eisen und Wicklung einander gleich werden.

Von Interesse ist die positive Angabe, daß für den oben erwähnten Magnet von 750 mm Außendurchmesser unter günstigsten Verhältnissen das Gewicht des Magnets etwa 5% der erzielbaren Tragkraft beträgt. Absolute Ziffern für die Größe der Kosten der aufgewandten Materialien werden leider nicht angegeben. Als eine interessante Zahl kann jedoch in diesem Zusammenhange das Verhältnis der Kosten von 1 kg Eisen zu 1 kg Kupfer angesehen werden, welches mit 1 : 6 angegeben wird. Für Aluminium wird dieses Verhältnis mit 1 : 7 angesetzt. Dieses Verhältnis ist bemerkenswert, wenn man es mit den aus dem Transformatorenbau bekannten Zahlen vergleicht, wo etwa 1 : 2,5 anzunehmen ist. Der Grund liegt offenbar darin, daß es sich hier um Niederspannungswicklungen handelt, während bei Transformatoren Hochspannung in Frage kommt.

Recht interessante und klare Auseinandersetzungen bringt ferner die Arbeit von Kraus[3]) über die Berechnung der Gleichstrom-Elektromagnete. Die Berechnung stützt sich hier auf die bekannte Formel, welche den Energieinhalt eines magnetischen Kreises darstellt,

$$E = \tfrac{1}{2} I^2 L,$$

worin in bekannter Weise I den Strom in absoluten Einheiten und L den Koeffizienten der Selbstinduktion bedeutet.

Es wird nun auseinandergesetzt, daß diese Formel in technisch brauchbarer Form mit derselben Exaktheit auch ausgedrückt werden kann durch die Beziehung

$$E = \frac{1}{20} AW . N . 10^{-7} \ldots \text{Wattsec.}$$

$$= \frac{1}{20{,}9 \cdot 81} \cdot AW \cdot N \cdot 10^{-12} \ldots \text{kgcm}$$

$$= 0{,}51 \cdot 10^{-14} . AW . N \ldots \text{kgcm.}$$

An Stelle der bekannten Maxwell'schen Formel kann nun hieraus eine Beziehung für die Zugkraft gefunden werden, welche, wie nachgewiesen wird, ebenso leicht verwendbar ist, wie die übliche Maxwell'sche Formel und dabei unter anderem eine übersichtlichere Beurteilung der in der Praxis vorkommenden geometrischen Formen für die Polschuhe gestattet.

Bezeichnet man die mechanische Zugkraft auf dem kleinen Wege ds mit P, so ist, wenn auf diesem Wege eine Kraftlinienänderung dN stattfindet,

$$P . ds = \frac{1}{20} AW . dN \qquad \text{oder} \qquad P = \frac{1}{20} AW . \frac{dN}{ds}$$

In der angegebenen Arbeit wird nun weiter gezeigt, wie diese verhältnismäßig einfachen Beziehungen, welche auch über die Sättigungsgrenzen hinaus gültig sind, falls man die Permeabilität entsprechend berücksichtigt, eine Reihe von wichtigen konstruktiven Fragen für die praktische Verwendung des Elektromagnets beantworten. Ist z. B. die zu leistende Arbeit in kgcm aus der Aufgabe gegeben, so hat man diese Arbeit gleichzusetzen dem Inhalt in magnetischer Energie, welche der zu erbauende Elektromagnet haben muß und welche proportional ist dem Produkt aus Kraftlinienzahl und zugehöriger Amperewindungszahl. Macht man bezüglich der zulässigen Amperewindungszahl eine Annahme entsprechend der Hublänge und der gewählten Sättigung, mit welcher man bis nahe an die Grenze geht, so ergibt sich hieraus ohne Willkür ein notwendiger Eisenquerschnitt, den man allerdings dann noch um die zu erwartende Streuung zu vergrößern hat.

Der Vorteil dieser Art Berechnung magnetischer Kreise, für welche zuerst Emde eindringlich eingetreten ist, die jedoch in der vorliegenden Form dem physikalisch-technischen Verständnis wesentlich mehr entgegenkommt, zeigt sich besonders bei Beurteilung der Wahl der Polschuhform. In der angeführten Arbeit wird mit Recht darauf hingewiesen, daß in der Polschuhform der bestehenden Abbildung die Maxwellsche Zugkraftsformel ohne Zwang kaum anwendbar ist.

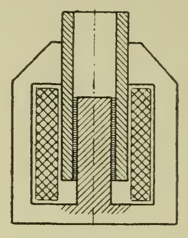


Abb. 4.

Die Berechnung der Zugkraft in der oben angegebenen Weise macht jedoch keine Schwierigkeiten; man hat nur die Zahl der Kraftlinien am Anfang und am Ende einer kleinen Verschiebung zwischen Kern- und Hubanker auszurechnen, um auf diese Weise die Zugkraft auch für diese Polform ohne Schwierigkeit bestimmen zu können. Die Beurteilung der Vorteile konischer Polformen tritt hierdurch in ein überraschend helles Licht und kann in einfachster Weise aus den Bedingungen erklärt werden, welche praktisch zu erfüllen sind.

In den meisten Fällen wird z. B. gefordert werden, daß die von den Magneten zu leistende Arbeit gleich ist der Anfangszugkraft mal dem Hub. Da nun die Anfangszugkraft bei großem Luftspalt auszuüben ist, so würde ein solcher Magnet darum schlecht ausgenutzt werden, weil die Zugkraft bis zum Ende der Bewegung stark anwächst, ohne daß dieses Anwachsen ausgenutzt werden kann. Obgleich diese Forderung durch den zylindrischen Hubanker obiger Abbildung theoretisch am besten erfüllt ist, wird doch aus praktischen Gründen die konische Polschuhform sich als günstiger erweisen, deren Berechnung in den einzelnen Stellungen des Magnets mit Hilfe der gegebenen Zugkraftformel keine Schwierigkeiten bereitet, solange die Streuverhältnisse keinen entscheidenden Einfluß haben.

[1]) Kalisch, Arch. El., 1. Bd., p. 394. — [2]) Pfiffer, El. Z. 1912, p. 29. — [3]) Kraus, El. Masch.-Bau 1912, Heft 42.

Messungen an elektrischen Maschinen. (Meßverfahren.)

Die Messungen an elektrischen Maschinen, und zwar sowohl die Methoden wie die dazu benützten Apparate, haben sich in den letzten Jahren ziemlich weitgehend normalisiert; wesentlich oder grundsätzlich neue Methoden der Maschinenuntersuchungen wurden im Laufe des letzten Jahres nicht entwickelt; dagegen erfuhren eine Anzahl der vorhandenen Methoden zum Teil recht sinnreiche Ergänzungen und Erweiterungen. Die Mehrzahl der erschienenen Arbeiten handelt von der Messung des Wirkungsgrades bzw. der Bremsung der elektrischen Maschinen, wohl aus dem Bedürfnis heraus, die Methoden zur direkten Bestimmung des Wirkungsgrades auszubauen und damit die Unsicherheit wegzuschaffen, die die allerdings äußerst praktische und leicht ausführbare Bestimmung des Wirkungsgrades aus den Einzelverlusten bietet. Die gesamten zusätzlichen Verluste lassen sich bisher durch eine direkte Messung nicht ermitteln und über ihre Größe bei den verschiedenen Maschinengattungen und Typen und die Beeinflussung derselben

durch den Entwurf der Maschine liegen auch heute noch so wenig Erfahrungen vor, daß weitere Erkenntnisse nach dieser Richtung hin wünschenswert erscheinen.

Olin[1]) hat sich der Mühe unterzogen, bei einer großen Anzahl von Maschinen aller Art, Generatoren, Motoren und Umformern die Wirkungsgrade einmal aus den Einzelverlusten, das andere Mal nach der direkten und indirekten elektrischen Methode zu bestimmen und in Vergleich zu stellen. Nach solchen Messungen versucht der Verfasser die zusätzlichen Verluste dadurch zu berücksichtigen, daß er einen Korrektionsfaktor für jede Type bestimmt, mit der die gemessenen Eisenverluste zu multiplizieren sind, um den wahren Wirkungsgrad zu erhalten. Auf Grund der ermittelten Korrektionsfaktoren werden dann wieder für eine große Anzahl von Maschinen Wirkungsgrade nach den Einzelverlusten und nach direkter Methode gemessen verglichen, wobei sich für den größten Teil der Resultate eine Übereinstimmung bis auf ± 0,5% ergibt. Die verwandten Methoden sind eingehend beschrieben und kritisiert. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß Wirkungsgradgarantien, die auf Grund der Bestimmung der Wirkungsgrade aus den Einzelverlusten abgegeben sind, als Basis für den Vergleich der Güte von Maschinen unter Konkurrenzfirmen vollkommen genügend sind. Jedoch ist die Kenntnis der tatsächlichen Wirkungsgrade an sich wünschenswert und wird deshalb vom Verfasser die Einführung des Korrektionsfaktors empfohlen.

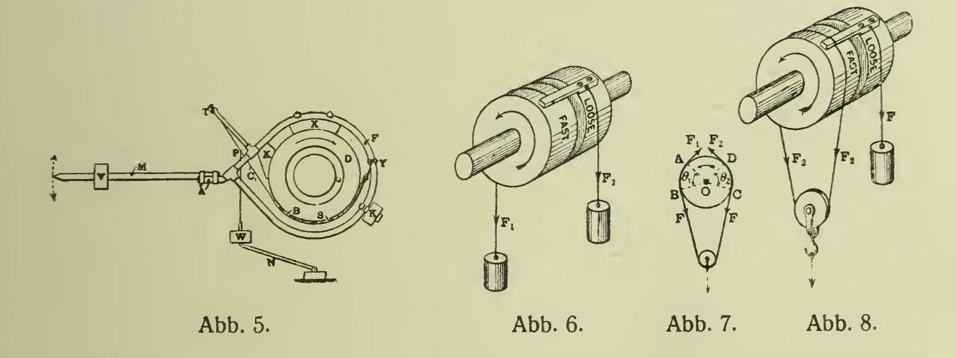


Abb. 5. Abb. 6. Abb. 7. Abb. 8.

Die direkte Bremsung elektrischer Maschinen mittels eines Bremszaumes ist bekanntlich nur bei mäßigen Leistungen durchzuführen und die Arbeit mit dem Zaum erfordert immerhin eine ziemliche Geschicklichkeit bei den Einstellungen. Wesentlich erleichtert wird die Ausführung der Messung durch kompensierte Bremszäume. Coales[2]) beschreibt eine patentierte Anordnung zur selbsttätigen Kompensierung der Reibungsänderung zwischen Bremsscheibe und Bremsklötzen. Der Stahlröhrenrahmen F (siehe Abb. 5) trägt 2 Bremsklötze X, das flexible Kupferband B und das flexible Hanfband S, welch letzteres zwischen B und der Scheibe liegt. Das flexible Band B ist mit einer Stellschraube T durch eine Kette C_1 verbunden. Durch das an P angehängte Gewicht W wird das Bremsmoment konstant gehalten trotz des veränderlichen Reibungskoeffizienten. Vergrößert sich beispielsweise die Reibung, so wird der Hebel nach aufwärts gezogen (im Falle der angegebenen Drehrichtung); die die Reibung verstärkende Komponente des Gewichtes W wird kleiner, und das Bremsmoment wird wieder auf seinen ursprünglichen Wert gebracht. Um ein Schwingen des Gewichtes W zu verhindern, ist dasselbe durch eine Stange N geführt, die ihren Drehpunkt senkrecht unter dem Mittel der Scheibe hat. Die Anwendung dieser Stange, deren Länge sich nach dem jeweiligen Durchmesser der Scheibe richtet, kann umgangen werden durch eine zweite Kette, die P mit A verbindet. W hängt dann sowohl an P, als an A.

Eine andere Kompensierung wird von Robertson[3]) vorgeschlagen und zwar eine Änderung der Thomson'schen kompensierten Bremse, die durch Abb. 6

dargestellt ist, entsprechend Abb. 8. Das Bremsgewicht hängt an einer losen Scheibe, das Bremsband ist mit beiden Enden ebenfalls an der losen Scheibe befestigt und wird durch ein entsprechendes Gewicht belastet, wie schematisch dargestellt in Abb. 7. Ist z. B. das Bremsgewicht zu klein, so wird es gehoben; der Winkel Θ_2 wird größer und der Winkel Θ_1 kleiner. Damit wird F_2 größer und F_1 kleiner, und zwar so lange, bis die Gleichgewichtsbedingung $F = F_1 - F_2$ erfüllt ist. Robertson gibt dann weiter noch einige sinnreiche konstruktive Ausführungen einer solchen Bremse an.

Eine wesentliche Schwierigkeit bei allen Bremsversuchen bietet die Abfuhr der erzeugten Bremswärme und die Wasserkühlung der Bremsscheibe hat meist ein unangenehmes Umherspritzen des Kühlwassers zur Folge.

Broughton[4]) beschreibt eine Vorrichtung, welche das Herausspritzen des Wassers bei permanenter Zirkulation des Kühlwassers verhindert, dadurch, daß die Bremsscheibe nach außen durch eine Platte abgedeckt ist und daß das Kühlwasser durch sinnreich eingeführte Rohre zu- bzw. abgeführt wird.

Die insbesondere für die Untersuchung von kleineren Maschinen beliebten Wirbelstrombremsen werden von Niethammer[5]) besprochen. Er vergleicht die von Rüdenberg für die Berechnung von Wirbelstrombremsen angegebenen Formelausdrücke mit experimentell ermittelten Werten. Für den Entwurf der Wirbelstrombremse werden die zu Grunde zu legenden Verhältnisse besprochen, und zwar Umfangsgeschwindigkeit bei verschiedenen Materialien, Polzahl, Polteilung, Erwärmung usw. Es wird darauf hingewiesen, daß sich asynchrone Motoren sinngemäß zum Bremsen heranziehen lassen, wenn sie im Stator, bzw. Rotor fremd erregt werden und die Rotor-, bzw. Statorwicklung in sich kurzgeschlossen wird. Die Schaltung verdient für manche Hebezeugbetriebe und große Walzwerksmotoren Beachtung. Für die Bestimmung des Drehmomentes gibt der Verfasser überschlägige Formeln an.

Ein Dynamometer zu der direkten Bestimmung des Drehmomentes ist von André Wallon[6]) konstruiert. Es besteht aus einer doppelt gelagerten Hohlwelle, auf der eine Riemenscheibe sitzt, und einer in dieser gelagerten Vollwelle, die mit dem Motor gekuppelt wird. Eine Kupplung der Wellen erfolgt durch eine mittels Schraubengängen und Kolben in einem Preßtopf komprimierte Flüssigkeit. Der Druck der Flüssigkeit im Preßtopf wird mittels Manometers gemessen und ist ein Maß für das übertragene Drehmoment. Bei gleichzeitiger Messung der Winkelgeschwindigkeit ist also die übertragene Leistung ohne weiteres zu bestimmen.

Die Abnahmeprüfung, insbesondere von großen Generatoren an Ort und Stelle macht in den meisten Fällen den Aufbau eines provisorischen Wasserwiderstandes erforderlich. Steht fließendes Wasser zur Verfügung, etwa ein Fluß, so macht die provisorische Herrichtung eines Widerstandes keine weiteren Schwierigkeiten. Für den Fall, daß jedoch eine solche Möglichkeit nicht vorliegt, hat Vogel[7]) einen sehr sinnreich durchkonstruierten zerlegbaren Wasserwiderstand gebaut. Er besteht aus 3 Holzkästen von etwa 0,6 m Breite, 1 m Höhe und 1—3 m Länge je nach Höhe der Betriebsspannung. Der Wasserzufluß wird durch Ventile geregelt, der Wasserabfluß und die Höhe des Wasserstandes durch Schwenkrohre. Alle Teile, die der Berührung während des Betriebes ausgesetzt sind, sind geerdet; damit ist die Bedienung während des Betriebes gänzlich ungefährlich.

Für die Untersuchung von Asynchronmotoren und die Aufstellung der charakteristischen Kurven hat sich in der Praxis allgemein die Aufstellung des Kreisdiagramms und dessen Auswertung eingebürgert. Zur Aufstellung des Kreisdiagramms wird entweder der Streuungskoeffizient oder häufiger Leerlauf und Kurzschluß des Motors gemessen. Benischke[8]) gibt ein Verfahren an, den Behn-Eschenburg'schen Streuungskoeffizient aus Leerlauf- und Kurzschlußaufnahmen zu ermitteln. Er leitet für den Streuungskoeffizient die Beziehung ab:

$$\delta = \sqrt{\frac{K^2 - \frac{P_k{}^2}{I_k{}^2}}{(\omega L_1)^2 \cdot I_k{}^2}}$$

darin bedeutet: P_k = Kurzschlußleistung, K = Ständerspannung des Motors; P_k/I_k^2 = äquival. Ohm'scher Widerstand des Ständers; I_k = Kurzschlußstrom; L_1 = Selbstinduktion der Ständerwicklung. Diese Größen sind, außer dem induktiven Widerstand, alle meßbar. Der induktive Widerstand kann aber leicht aus dem Magnetisierungsstrom bestimmt werden. Bei Vernachlässigung des Ohm'schen Widerstandes ergibt sich: $\omega L_1 = K/I_m$, wobei I_m = Magnetisierungsstrom ist.

Mithin ist:

$$\delta = \sqrt{\frac{\left(K^2 - \frac{P_k{}^2}{I_k{}^2}\right) \cdot I_m{}^2}{K^2 \cdot I_k{}^2}}$$

(Kurzschluß- und Leerlaufversuch bei normaler Betriebsspannung aufgenommen). Bei Motoren kann wegen des großen Luftzwischenraumes für den Magnetisierungsstrom der Leerlaufstrom eingesetzt werden, so daß sich der Streufaktor ergibt aus: Spannung, Leerlaufstrom und der bei Kurzschluß gemessenen Stromstärke und Leistung. Letztere stellt die Gesamtverluste bei Kurzschluß dar. Wären diese = 0, so würde $\delta = \frac{I_m}{I_k}$. Die Messung ist zweckmäßig in allen Phasen auszuführen und daraus Mittelwerte zu bilden. Der Leerlaufversuch muß bei normaler Betriebsspannung ausgeführt werden. Der Kurzschlußversuch wird zweckmäßig bei der normalen Stromstärke ausgeführt. Die Gleichung für δ geht dann über in:

$$\delta = \sqrt{\frac{\left(K^2{}_k - \frac{P_k{}^2}{I_k{}^2}\right) \cdot I_m{}^2}{K_o{}^2 \cdot I_k{}^2}}$$

Auch zur Untersuchung von Generatoren ist es allgemein üblich geworden, Leerlauf- und Kurzschlußstrom zu messen und das Diagramm aufzustellen. Bonneton[9]) weist darauf hin, daß beim Kurzschluß eines in Stern geschalteten dreiphasigen Generators für Hochspannung unter Umständen eine erhebliche Spannung zwischen Nullpunkt und Kurzschlußbügel auftreten kann, so daß bei Hochspannungsmaschinen auch beim Kurzschlußversuch Vorsicht bezüglich Berührung geboten ist. So beobachtet er bei einem 600 KW-Generator, 10 000 Volt, 50 Perioden zwischen Sternpunkt und Kurzschlußstück bei normalem Strom eine Spannung von 325 Volt. Diese Spannung hat die dreifache Grundfrequenz; sie kommt dadurch zustande, daß die 3ten Harmonischen in jedem Augenblick in allen drei Phasen gleiche Richtung haben, sie also überhaupt nicht kurzgeschlossen sind.

Bei der Bestimmung des Wirkungsgrades von Asynchronmotoren kann die Bestimmung der Rotorkupferverluste entweder aus dem Diagramm unter Berücksichtigung des Rotorwiderstandes oder aber besser durch Messung der Schlüpfung erfolgen. Während die Schlupfmessung bei Schleifringankern sich äußerst einfach gestaltet durch Anlegen eines empfindlichen Galvanometers an die kurzgeschlossenen Schleifringe, macht sie bei Kurzschlußankern immerhin einige Schwierigkeiten und es wurden verschiedene Verfahren angegeben, um eine Schlupfmessung einwandfrei durchzuführen. Angermann[10]) beschreibt einen Schlupfmesser, der die Schwingungen eines von Wechselstrom durchflossenen Glühlampenfadens in einem konstanten magnetischen Feld zur Schlupfzählung benutzt. Eine an die Netzspannung angeschlossene Lampe wird in ein magnetisches

Feld gebracht und beobachtet durch einen Schlitz in einer Scheibe, die auf den Rotor aufgekeilt ist. Dabei werden die scheinbaren Schwingungen des Fadens gezählt und es ergibt sich beispielsweise die Schlüpfung per Mille, wenn man die durch die Scheibe sichtbaren Fadenschwingungen so lange zählt, bis der Faden in Wirklichkeit 1000 Schwingungen ausgeführt hat.

Schneckenberg[11]) zählt gleichzeitig mittels eines Integralzählers die Perioden des Netzstromes und die Umlaufzahl des Rotors mittels eines sehr sinnreich durchkonstruierten Apparates. Die Auswertung der Schlüpfung ist jedoch für die Praxis ziemlich zeitraubend.

Zur Messung besonders hoher Umlaufzahlen von elektrischen Maschinen benutzt Schillo[12]) das Prinzip des Stroboskops. Schillo verwendet dazu einen Gleichstrom-Nebenschlußmotor, dessen Tourenzahl zwischen 350 und 1200 Touren pro Minute geändert werden kann, setzt auf die Welle desselben eine Pappscheibe mit Schlitzen und eine Scheibe auf die Welle, beispielsweise der Dampfturbine, deren Tourenzahl bestimmt werden soll. Diese letztere hat den einzelnen Schlitzen der anderen Scheibe entsprechende weiße Merkzeichen und ist schwarz. Ist N = minutliche Umlaufzahl der Turbine, z = Zahl der Merkzeichen auf der Scheibe der Turbinenwelle, n = minutliche Umlaufzahl des Zählmotors, Z = Zahl der Schlitze in der Scheibe auf der Welle des Zählmotors, so muß sich ein stehendes Bild ergeben, wenn $N \times z = n \times Z$ ist. Bezeichnet s = Anzahl der Schlitze, bzw. Merkzeichen, die beide in gleicher Anzahl vorhanden sein müssen, so ergibt sich allgemein für die Anzahl der Bilder $A = s \times (N/n \pm 1)$, wobei das Pluszeichen für Gegenlauf und das Minuszeichen für Gleichlauf der Scheiben gilt. Man erhält also stehende Bilder, wenn $s \times (N/n \pm 1)$ eine ganze Zahl wird, d. h., so oft auch $s \times N/n$ eine ganze Zahl wird. Aus der Tourenzahl des Hilfsmotors läßt sich ohne weiteres auf die Tourenzahl der zu untersuchenden Maschine schließen.

Für die Untersuchung der Isolation an elektrischen Maschinen hat sich in den letzten Jahren die Durchschlagprüfung immer mehr eingeführt; die Messung des Widerstandes tritt dagegen gänzlich zurück, da bekanntlich der Isolationswiderstand in außerordentlich hohem Maße von der Temperatur und der Feuchtigkeit abhängt und die Messung des Isolationswiderstandes daher einen Schluß auf die Güte der Isolation nicht zuläßt, vergl. Krause[13]), Flemming und Johnson[14]). Letztere weisen darauf hin, daß die Abnahme der Durchschlagsspannungen mit der Prüfzeit bei mehr als 5 Sekunden Dauer gering ist und bei 15 Minuten Dauer nur etwa 25% beträgt. Damit wird die kurzzeitige Prüfung mit höherer Spannung gegenüber einer längeren Prüfung mit geringerer Spannung begründet, da sie den Vorteil der sicheren Feststellung der Fabrikationsfehler infolge mangelhafter Fabrikation hat. Es ist daher zu wünschen, daß die noch vereinzelt verlangten längeren Prüfzeiten zu Gunsten der nach MN vorgeschriebenen Prüfdauer von 1 Minute immer mehr verschwinden.

Für die Untersuchung guter Spulenisolationen bzw. für die Kontrolle auf kurzgeschlossene Windungen in Spulen, die in die Maschinen eingebaut sind, gibt Henry[15]) ein Verfahren an. Die Spulen werden einzeln erregt und das erzeugte magnetische Feld durch die Kraft, die auf einen Eisenkern ausgeübt wird, mittels entsprechend konstruierten Dynamometers gemessen.

Von elektrischen Maschinen, insbesondere kleinen und mittleren Maschinen, die in bewohnten Räumen aufgestellt werden, wird immer mehr verlangt, daß sie möglichst geräuschlos arbeiten. Für die Prüfung und eventuelle Reduzierung des Geräusches ist es natürlich wichtig, den Ursprung des Geräusches festzustellen, was bei Vorhandensein äußerer Geräusche mitunter sehr schwierig ist. Burstyn[16]) gibt ein Verfahren an, den Ausgangspunkt der Schallwellen festzustellen dadurch, daß ein Gasschlauch aus Gummi von nicht zu geringer Wandstärke einerseits ans Ohr gehalten und andererseits über die verschiedenen Stellen des Motors hinübergeführt wird.

Burstyn[17]) benutzt ferner das Bürstengeräusch bei Gleichstrommaschinen, um von einer Zentralstelle aus die Maschinen auf ihre Tourenzahl und gute

Kommutierungsbedingung untersuchen zu können, derart, daß jeder Motor mit einem Telephon versehen wird, dessen Hörer möglichst dicht an dem Kollektor angebracht ist. Jedes Telephon hat seine eigene Leitung, die in Steckkontakten an einer Zentralstelle endigt. Mittels eines Telephons ist dann das Bürstengeräusch jedes Motors abzuhören. Da letzteres mit der Geschwindigkeit wächst, vermag der beobachtende Ingenieur nach einiger Übung mit großer Annäherung auf die Geschwindigkeit der Maschine zu schließen.

[1]) Olin, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, 7, p. 1287—310, 1 fig. — [2]) Coales, Electrician (Ldn.), Vol. 69, 15, p. 620—1, 3 fig. — [3]) Robeıtson, Electrician (Ldn.), Vol. 69, 13, p. 525—7, 6 fig .— [4]) Broughton, Electrician (Ldn.), Vol. 69, 26, p. 1062—3, 2 fig., 1 ill. — [5]) Niethammer, El. Kraftbetr. 1911, 30, p. 601—5. — [6]) Wallon, André, Lum. él., Sér. 2, T. 19, 33, p. 216, 1 fig. — [7]) Vogel, El. Z. 1911, 50, p. 1266—8, 4 fig., 1 ill. — [8]) Benischke, El. Kraftbetr. 1912, 5, p. 83—5, 2 fig. — [9]) Bonneton, Technique Moderne, T. 4, 1912, 7, p. 263, 2 fig. — [10]) Angermann, El. Z. 1912, 3, p. 60—4, 11 fig., 9 ill. — [11]) Schneckenberg, El. Z. 1911, 46, p. 1162—3, 2 fig. — [12]) Schillo, El. Z. 1912, 7, p. 159—60, 1 fig. — [13]) Krause, Schweiz. El. Z. 1912, 35, p. 409—11, 424—7, 32 fig. — [14]) Flemming u. Johnson, El. Rev. (Ldn.), Vol. 69, 1911, 1773, p. 842—3, 5 fig. — [15]) Henry, Electrician (Paris), Sér. 2, T. 44, 1131, p. 134—5, 1 fig. — [16]) Burstyn, El. Z. 1912, 32, p. 825—6, 1 ill. — [17]) Burstyn, El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 3, p. 136, 1 ill.

Betrieb elektrischer Maschinen.

Regelung.

Regelung der Spannung und des Stroms. Das wichtigste Problem der Spannungsregelung besteht in der Aufrechterhaltung gleichbleibender Spannung von Stromerzeugern trotz veränderlicher Belastung. Die einfachste Maßnahme zur Erreichung dieses Zweckes besteht darin, daß man die Stromerzeuger mit geringer Ankerrückwirkung baut; die Grenze in dieser Hinsicht bildet einerseits der Kostenpunkt, anderseits aber, besonders bei großen Turbogeneratoren, die Gefahr der mechanischen Beschädigungen bei Kurzschluß. Je kleiner die Ankerrückwirkung, umso größer ist — ceteris paribus — die im magnetischen Feld der Maschine aufgespeicherte Energie, die bei Kurzschluß zur plötzlichen Entladung kommt. Zur Klärung dieser Verhältnisse trägt ein von A. B. Field vor dem Am. Inst. of El. Eng. gehaltener Vortrag[1]) bei.

Das obige Verfahren stellt gewissermaßen eine „natürliche“ Spannungsregelung dar; im Gegensatz zu ihr steht die künstliche Spannungsregelung durch Veränderung des Erregerstroms. Die Vorrichtungen zur selbsttätigen Regelung kann man unterscheiden in solche, bei denen die Änderung der Belastung direkt auf die Erregung einwirkt (Kompoundierung), und solche, bei denen erst die Änderung der Spannung Organe in Tätigkeit setzt, die ihrerseits die Änderung des Erregerstroms herbeiführen (selbsttätige Spannungsregler).

Die Kompoundierung ist bekanntlich bei Gleichstrom-Maschinen in einfachster Weise durchführbar und findet hier häufige Anwendung. Bei Wechselstrom ist sie weniger einfach und die zahlreichen Verfahren, Wechselstrom-Maschinen durch einen dem Hauptstrom proportionalen umgeformten oder gleichgerichteten Strom zu kompoundieren, haben sich in der Praxis nicht in nennenswertem Maße behaupten können. Bessere Erfolge scheint ein eigenartiges System von Parsons und Law[2]) zu haben; nach diesem Verfahren erhält der Feldmagnet der Erregermaschine einen magnetischen Nebenschluß, auf dem eine Wicklung angebracht ist, die vom Hauptstrom des Wechselstrom-Erzeugers (oder einem ihm proportionalen Strom) durchflossen wird. Bei zunehmender Belastung steigt die magnetische Sättigung des Nebenschlusses, wodurch das Hauptfeld der Erregermaschine, also auch ihre Spannung, verstärkt wird.

Die selbsttätigen Regler müssen naturgemäß so konstruiert sein, daß sie ihrer Aufgabe, die einmal veränderte Spannung wieder auf den Sollwert zu bringen, möglichst schnell nachkommen. In dieser Hinsicht steht der Tirrill-Regler bisher noch unübertroffen da; über grundlegende Neuerungen auf diesem Gebiet ist im Berichtsjahre nichts veröffentlicht worden.

Wird die Spannung eines Wechselstromerzeugers von Hand geregelt, so ist es, besonders bei großen Maschinen, zweckmäßig, den Regelungswiderstand nicht in den Erregerstromkreis der Hauptmaschine, sondern in den der Erregermaschine zu legen, um an Energie- und Anschaffungskosten für den Widerstand zu sparen. Nun muß aber, besonders bei Turbogeneratoren, der Erregerstrom, also auch die Spannung der Erregermaschine in sehr weiten Grenzen verändert werden, und die Spannung der selbsterregenden Erregermaschine wird labil, wenn die Sättigung im Eisen zu gering wird. Diesen Übelstand vermeidet Osnos[3]) dadurch, daß er bei einer z. B. 8poligen Erregermaschine die Erregung von nur 6 Polen schwächt, während zwei Pole voll erregt bleiben; die magnetische Sättigung der letzteren gibt der Maschine bei allen Spannungen die nötige Stabilität. Selbstverständlich ist das Verfahren nur bei Ankern mit Serienwicklung durchführbar.

Regelung der Geschwindigkeit. Das Problem der Geschwindigkeitsregelung dürfte bei Gleichstrommotoren als gelöst zu betrachten sein; es steht hier, je nach Erfordernis, das Mittel der Änderung des magnetischen Feldes oder der Ankerspannung zur Verfügung. Auch die Abhängigkeit der Drehzahl von der Belastung kann durch geeignete Schaltung der Erregerwicklung allen Bedürfnissen angepaßt werden. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Verhältnisse hat du Bois in der El. World[4]) gegeben. Zu beachten ist hierbei der feine Unterschied, den die Amerikaner zwischen „adjustable speed“ und „variable speed“ machen, wofür uns im Deutschen noch äquivalente Ausdrücke fehlen.

Weniger günstig liegt die Regelungsmöglichkeit bei Wechselstrom. Allerdings hat der Wechselstrom- und Drehstrom-Kommutatormotor neuerdings große Fortschritte gemacht; speziell über den Drehstrom-Reihenschluß-Motor und die mit ihm erreichbaren Regelungsmöglichkeiten finden sich wertvolle Angaben in einem von Schenkel im Elektrotechnischen Verein gehaltenen Vortrag[5]). Man sieht aber gerade aus dieser Arbeit, daß dem Bau von Drehstrom-Kommutator-Motoren gewisse Grenzen gesteckt sind; bei sehr großen Leistungen nimmt der Kommutator so bedeutende Abmessungen an, daß er den Motor in unökonomischer Weise verteuert. Dies fällt besonders dann ins Gewicht, wenn vom Motor nur eine beschränkte Regelungsmöglichkeit verlangt wird, da die Kommutator-Abmessungen vom Regelungsbereich unabhängig sind. Hier beginnt das Anwendungsgebiet der neueren Kaskadenschaltungen; man führt dabei den Hauptmotor als gewöhnlichen Induktionsmotor mit Schleifringen aus und schaltet in Kaskade mit ihm einen Kommutatormotor, der seine Energie nun entweder an die Welle des Hauptmotors abgibt (System Krämer) oder an einen besonderen, auf das Netz zurückarbeitenden Stromerzeuger (System Scherbius). Der Kommutatormotor kann auch (nach Heyland) als Frequenzumformer ausgebildet sein; er formt dann die Schlupfenergie von variabler Frequenz in Energie von Netzfrequenz um und liefert sie an das Netz zurück.[6])

Eine weitere Methode (ebenfalls von Krämer) hat im Berichtsjahre zahlreiche wichtige Anwendungen gefunden: sie besteht darin, daß die Schlupfenergie des Hauptmotors mittels eines Einankerumformers in Gleichstrom umgeformt und einem besonderen Gleichstrommotor (Hintermotor) zugeführt wird, der seine Energie an die Welle des Hauptmotors abgibt. Eine zusammenfassende Darstellung[7]) der erwähnten Verfahren findet sich in einer Broschüre der A. E. G. „Die wirtschaftliche Regulierung von Drehstrommotoren“.

Regelung der Belastung. Das Ziel der Belastungsregelung wird meist darin bestehen, die Belastung von Kraftwerken trotz schwankenden Energieverbrauchs annähernd gleichmäßig zu erhalten. Zu diesem Zweck sind Energiespeicher notwendig und zwar stehen als solche Akkumulatoren oder Schwungräder

zur Verfügung, und es sind Regelungsorgane erforderlich, die die Arbeits-Aufnahme oder -Abgabe der Speicher in Abhängigkeit vom Verbrauch regeln. Über grundsätzliche Neuerungen im verflossenen Jahre ist nichts zu berichten. Beachtenswert ist jedoch der von Schwaiger auf der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker gehaltene Vortrag über „Belastungsausgleich in elektrischen Kraftwerken".[8]) Ferner hat L. Schröder interessante Versuchsergebnisse veröffentlicht über „Pufferversuche mit Pirani- und Lancashiremaschinen".[9])

Ebenfalls als „Belastungsregelung" zu betrachten ist die elektrische Bremsung von Motoren, die besonders bei Motoren für Hebezeuge von Wichtigkeit ist. Eine zusammenfassende Darstellung der bei Drehstrom-Induktionsmotoren in Betracht kommenden elektrischen Bremsmethoden hat Specht in einem Vortrag vor dem American Institute of Electrical Engineers[10]) gegeben.

Regelung des Leistungsfaktors. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors in öffentlichen oder industriellen Elektrizitätswerken werden in steigendem Umfange Synchronmotoren verwendet, selbst für solche Antriebe, bei denen früher ausschließlich Induktionsmotoren benutzt wurden. Interessante Beispiele dieser Art befinden sich in einem Aufsatz von Henry „L'amélioration du facteur de puissance par l'emploi de moteurs synchrones surexcités".[11]) Dagegen zeigt N. Stahl[12]), daß die Anwendung von Einankerumformern für den gleichen Zweck wenig empfehlenswert ist.

Die oben erwähnten Kaskadenschaltungen zur Geschwindigkeitsregelung von Drehstrom-Induktionsmotoren ergeben, gewissermaßen als Nebenprodukt, gleichzeitig eine bedeutende Verbesserung des Leistungsfaktors, die sich meist bis zur Erzielung von $\cos \varphi = 1$ erstreckt. Eine interessante Vorrichtung, die nur die Verbesserung des Leistungsfaktors bezweckt, wurde von Gisbert Kapp[13]) angegeben. Der Apparat besteht aus einem Stator, dessen Wicklung vom Rotorstrom des Induktionsmotors durchflossen wird. Innerhalb dieses Stators ist ein durch Gleichstrom erregter Feldmagnet drehbar gelagert, jedoch durch eine Feder an der Rotation verhindert. Bei Betrieb des Motors gerät der Feldmagnet in Schwingungen und durch geeignete Bemessung der Federkraft kann erreicht werden, daß die von dem schwingenden Feldmagnet induzierten Ströme die Erregung des Induktionsmotors übernehmen. Die Einrichtung wirkt genau wie ein Kondensator, nur daß mechanische Energie-Aufspeicherung an Stelle der elektrischen benutzt wird. Kapp nennt die Vorrichtung deshalb auch „Mechanischer Kondensator".

Parallelbetrieb. Über den Parallelbetrieb von Wechselstrom-Maschinen ist schon sehr viel geschrieben worden, doch ist das Problem, den vielen Veröffentlichungen des Berichtsjahres nach zu urteilen, immer noch nicht als völlig gelöst zu betrachten. Die theoretischen Grundlagen dürften allerdings ziemlich fest liegen; auch bei der Berechnung der Eigenschwingungszeit, auf die es ja vor allem ankommt, stimmen die Resultate der verschiedenen Autoren annähernd überein. Dagegen ist die Praxis noch nicht völlig im klaren, wie weit die Eigenschwingungszeit einer Maschine von der Periode der durch die Kraft-Maschine gegebenen Impulse verschieden sein muß, um befriedigenden Parallelbetrieb zu erreichen. Mit dieser und ähnlichen Fragen beschäftigen sich die Arbeiten von L. Schüler[14]) und Carl Czeija[15]).

Außer der Resonanz zwischen der Eigenschwingungszahl des Stromerzeugers und den Impulsen der Kraftmaschine treten gelegentlich noch andere Störungen des Parallelbetriebes auf. Z. B. wies L. Fleischmann in einer im Elektrotechnischen Verein gemachten Mitteilung darauf hin, daß unter besonderen Verhältnissen Torsions-Schwingungen der Welle den Parallelbetrieb verschlechtern können.[16]) In einer Arbeit von W. O. Schumann[17]) wird ferner gezeigt, daß bei Betrieb durch Gasmaschinen auch durch Schwingungen der Gassäule in den Gasleitungen eine Störung des Parallelbetriebes herbeigeführt werden kann.

Ein- und Ausschalten. — Verfahren.

Stromerzeuger. Das Parallelschalten von Wechselstromerzeugern wird heute in den meisten Anlagen noch von Hand vorgenommen. Jedoch hat auch die Einführung der selbsttätigen Parallelschaltung im Berichtsjahre nicht unbedeutende Fortschritte gemacht. In erster Linie zu erwähnen ist hier die Vorrichtung der Firma Voigt & Häffner, über die Besag im Dresdner Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure ausführliche Mitteilungen machte.[18])

Transformatoren und Motoren. Es ist bekannt, daß beim plötzlichen Einschalten von Transformatoren und Induktionsmotoren einerseits Überspannungen in den Anfangsspulen auftreten und anderseits auch bedeutende Stromstöße. Die letzteren erreichen theoretisch, wenn die Einschaltung im Spannungs-Nullpunkt erfolgt, das Doppelte des normalen Erregerstromes, vorausgesetzt, daß die Eisensättigung auch beim Doppelten der normalen Magnetisierung noch gering ist. Liegt jedoch schon die normale Induktion des betreffenden Apparats in der Nähe der Sättigungsgrenze, so können im Moment der Einschaltung außerordentlich hohe Magnetisierungsströme auftreten. Eine ausführliche Schilderung dieser Verhältnisse sowie der dagegen zu treffenden Maßnahmen (Schutzschalter) findet sich in einer Arbeit von Linke[19]).

Das Anlassen von Gleichstrommotoren erfolgte bisher, abgesehen von den allerkleinsten Typen, stets durch allmähliche Steigerung der Ankerspannung, sei es durch Vorschalt-Widerstände (Anlasser) oder durch Leonard-Schaltung. C. Trettin hat dagegen gezeigt[20]), daß bei Benutzung von Wendepolen selbst große Motoren gefahrlos ohne Anlasser direkt an die volle Spannung gelegt werden können. Der Grund hierfür liegt einerseits darin, daß infolge der Selbstinduktion von Anker- und Wendepol-Wicklung der Strom doch verhältnismäßig langsam anwächst, und daß anderseits Wendepol-Motoren eine bedeutende momentane Stromüberlastung anstandslos vertragen können. Selbstverständlich wird dieses Verfahren nur bei verhältnismäßig langsam laufenden Motoren anwendbar sein, deren Anker infolge der hohen Windungszahl eine ziemlich große Selbstinduktion besitzt.

[1]) A. B. Field, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 963. — [2]) Parsons u. Law, I. S. African Inst. Eng. 1911, 5, p. 121; Elektr. Tidsskr. 1911, 35, p. 311. — [3]) Osnos, El. Masch.-Bau 1912, Heft 36 und 37. — [4]) du Bois, El. World, Vol. 59, 20, p. 1063. — [5]) Schenkel, El. Z. 1912, p. 473. — [6]) A. Heyland, El. Z. 1911, p. 1054. — [7]) S. auch G. A. Maier, Proc. Am. Inst. El. Engin. 1911, p. 2511 und 1912, p. 149; ferner I. Jonas, Helios 1912, p. 319. — [8]) Schwaiger, El. Z. 1912, p. 841. — [9]) L. Schröder, El. Z. 1911, p. 1288. — [10]) Specht, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 583. — [11]) Henry, Ind. El. 1911, p. 629. — [12]) N. Stahl, El. Jl., Vol. 9, p. 150. — [13]) Gisbert Kapp, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 222. — [14]) L. Schüler, El. Z. 1911, p. 1199. — [15]) Carl Czeija, El. Z. 1912, p. 177. — [16]) L. Fleischmann, El. Z. 1912, p. 610. — [17]) W. O. Schumann, El. Masch.-Bau 1912, p. 664. — [18]) Besag, Verb. Mitt. Dresd. Bez. Verein Deutsch. Ing. 1912, p. 66 —71. — [19]) Linke, El. Archiv 1912, Heft 1. — [20]) C. Trettin, El. Z. 1912, p. 759.

Anlaßapparate.

Der Bau von Anlaßapparaten läßt im allgemeinen ein Bestreben nach größerer Betriebssicherheit und soliderer Ausführung erkennen.

Lehrreich in dieser Hinsicht ist ein Aufsatz von A. P. Drake[1]), in welchem festgestellt wird, daß 25% aller in Motoranlagen vorkommenden Betriebsstörungen auf die Anlaßapparate entfallen; er befürwortet eine bessere und reichlichere Ausführung ohne Rücksicht auf den höheren Preis. In der daran anschließenden Diskussion machte M. Travis auf einen originellen Anlasser für Drehstrommotoren mit Schleifringen aufmerksam. Dieser, von der El. App. Comp. L. hergestellt, ist ein Induktionsregeltransformator, dessen Sekundärwindungen aus mehreren in sich kurz geschlossenen Spulen von verschiedenem Ohmschen Wider-

stande bestehen. Durch Drehung des Ankers werden zuerst die Spulen höchsten Widerstandes mit den Primärwindungen, die mit den Schleifringen des Rotors verbunden sind, gekuppelt; mit wachsender Geschwindigkeit werden sie dann durch die Spulen niederen Widerstandes ersetzt. Auf diese Weise ist im Anlaßstromkreis jeder Kontakt vermieden.

Neu und bemerkenswert ist eine Anlasserkonstruktion für kleine Einphasenkurzschlußmotoren.[2]) Ein Maximalmagnet, vom Hauptstrom durchflossen, legt zunächst in den Einschaltweg des Hebels eine Sperrklinke und verhindert so eine Bewegung über die Anlaßstellung hinaus; erst wenn der Anlaßstrom auf ein bestimmtes Maß gefallen ist, gibt die Sperrklinke die Bewegung des Hebels in die Laufstellung frei. In der Laufstellung wird der Anlaßhebel durch die Sperrklinke eines Minimalmagnets gehalten, dessen Stromkreis über Kontakte am Maximalrelais geführt ist. Der Anlaßhebel fällt also in seine Nullage zurück, sowohl beim Ausbleiben der Spannung, als auch bei Unterbrechung der Kontakte durch das Maximalrelais.

Eine lebhafte Entwicklung zeigt das Gebiet der automatischen Anlasser. Abgesehen von Zusammenstellungen über bekannte Schaltungen und Konstruktionen der Selbstanlasser, denen man in der Literatur häufiger begegnet, finden sich auch einige bemerkenswerte Neuerungen. So beschreibt Pensabene-Perez[3]) Asynchronmotoren mit eingebauten Anlaßwiderständen, die durch einen Zentrifugalregulator entsprechend der steigenden Geschwindigkeit kurzgeschlossen werden. Die Widerstände in der Phase bestehen aus einem Band, das unter Zwischenlage eines Isolationsmaterials zu einer Scheibe aufgewickelt ist. Diese 3 Scheiben sind auf der Achse des Rotors angebracht. Über die blank gemachten Seitenflächen schleifen die durch das Zentrifugalpendel bewegten Kurzschlußkontakte. Die Anordnung bewirkt eine fast stufenlose Abschaltung der Widerstände und somit stoßfreie und günstigste Anlaufsverhältnisse.

Eine auf dem steigenden Druckunterschied zwischen Saug- und Druckstützen beruhende automatische Anlaßvorrichtung für Zentrifugalpumpen und Gebläse wird im Helios[4]) beschrieben. Dieses Prinzip gibt eine außerordentlich einfache und betriebssichere Anordnnung.

Betriebsstörungen, hervorgerufen durch falsche oder nachlässige Bedienung der Steuerapparate, zu vermeiden, ist Aufgabe der Selbstanlasser. Diese Aufgabe kann aber nur dann voll erfüllt werden, wenn die Konstruktion der Selbstanlasser derart ist, daß sie nicht ihrerseits mehr Betriebsstörungen verursachen, als die falsche Bedienung der Handsteuerapparate.

Fast alle auf den Markt gebrachten magnetischen Schütze besitzen Nebenschlußspulen, deren viele feindrähtige Windungen nicht als sehr betriebssicher anzusprechen sind.

In einer Diskussion[5]), anschließend an einen Vortrag von Eastwood, gibt E. J. Murphy ein neues Serienschütz bekannt, das zu seiner Betätigung nur eine Serienspule von wenigen starken Windungen besitzt. Die Wirkungsweise beruht auf einem vollständig neuen Prinzip. Der magnetische Kraftfluß, der auf einen doppelarmigen Anker wirkt, findet vom Drehpunkt des Ankers aus zwei Wege nach dem anderen Pol vor. Ein Weg führt über ein Stück Eisen von geringem magnetischem Widerstand und hoher Sättigung; der andere Weg über den zweiten Arm des Ankers besitzt dagegen einen hohen Widerstand von geringer Sättigung. Der bewegliche Anker trägt die Stromschlußstücke. Solange der Strom hoch ist, überwiegt die anziehende Kraft des rückwärtigen Teiles des Doppelhebels und hält den Kontakt geöffnet. Je mehr indessen der Strom sinkt, desto mehr ändert sich das Verhältnis der Kraftlinienströmungen zu gunsten des Teiles, der über das feste Rückschlußstück geht. Infolgedessen nimmt die Kraft, die auf den rückwärtigen Teil des Ankers wirkt, rascher ab, als die Kraft, die auf den dem Pol zugekehrten Teil wirkt und bei einem bestimmten, leicht einstellbaren Wert wird der Kontakt geschlossen.

Damit im Moment des Einschaltens des Motorstromkreises, während des Ansteigens des Stromes kein Ansprechen erfolgt, ist der feste magnetische Rückschluß von einem Kupferzylinder, der dämpfend auf den Kraftfluß wirkt, umgeben.

Die Vorzüge, die solche Serienschütze in bezug auf Betriebsicherheit bieten, veranlaßte die Youngstown Sheet & Tube Co.[6]) ihre neuen Werke fast ausschließlich mit automatischen Steuerungen auszurüsten.

Besonders erwähnt werden die vorzüglichen Resultate an einem Anstellmotor für die Walzen einer Blockstraße, der bei einer Leistung von 100 KW etwa 20 000 mal im Tage ungesteuert wird. Bemerkenswert ist auch die durch eingehende Untersuchungen festgestellte Tatsache, daß die Krahnführer bei automatischer Schützensteuerung durch einfaches Ein- und Ausschalten ebenso genau steuern konnten, wie dies mit gewöhnlichen Kontrollern mit Regulierstufen möglich war. Die Beanspruchung der Motoren stellte sich jedoch bedeutend günstiger, da die Stromstärken die durch die Einstellung der Schütze gegebenen Werte niemals überschreiten konnten und nicht von der Aufmerksamkeit der Krahnführer abhängig waren.

Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Ein Belastungswiderstand für die sehr hohe Dauerbelastung von 5000 A bei 300 V zum Prüfen einer Batterie ist in der El. World[7]) beschrieben. Der Widerstand besteht aus einem eisernen Schlangenrohr von 2″ Durchmesser, der eine Gesamtlänge von 569 Fuß besitzt und von Kühlwasser durchflossen wird. Das Wasser wird an jeder Krümmung durch ein Isolierrohr zugeführt und spritzt an der gegenüberliegenden Krümmung durch Öffnungen ins Freie. Die Stromzuführungen erfolgen durch ein an ein Kupferrohr angelötetes Klemmstück, das gleichfalls wassergekühlt ist. In der Stunde wurden 37 m^3 Wasser verbraucht. Ein ähnlicher Widerstand aus zwei parallelen Stücken aus 3″ Rohren von 160 Fuß Länge vernichtete während 6 Minuten 20 000 A bei 300 V.

Induktions- und kapazitätsfreie Regulierwiderstände[8]) für Meßzwecke in Schiebeform führt die Firma Gebr. Ruhstrat neuerdings aus, sie bestehen aus zwei parallelen, im entgegengesetzten Sinne um den Träger herumgelegten Windungen.

Über die Abhängigkeit des Übergangwiderstandes zwischen Kohlenplatten vom Druck stellte C. R. Moore[9]) neuerdings Versuche an. Derartige Widerstände haben bekanntlich schon praktische Bedeutung für automatische Regulatoren erlangt, und können Anwendung finden in Laboratorien, für Feederregulatoren usw., da sich durch einfache Druckänderung eine stufenlose Widerstandsänderung erzielen läßt. Die veröffentlichten Kurven lassen erkennen, daß sich mit Leichtigkeit eine Widerstandänderung von 20:1 bei einer Druckänderung von 1:14 erzielen läßt. Dieses Verfahren scheint auch schon Ferranti[10]) zur Konstruktion von Nebenschlußregulatoren usw. verwendet zu haben.

Die Kurven, die Moore bei Kohlenplatten erhalten hat, besitzen eine große Ähnlichkeit mit Kurven, die A. A. Somerville[11]) bei seinen Untersuchen über die Abhängigkeit von Widerständen aus pulverförmiger Kohle bzw. aus pulverförmigem Silizium in Abhängigkeit vom Druck erhalten hat. Eine Röhre mit gepulvertem Silizium hatte bei Entlastung 16.10^3 Ohm, bei 1 kg 3.10^3 Ohm, bei 20 kg 1.10^3 Ohm; eine Röhre mit gepulverter Kohle 3 Ohm bei Entlastung, und sank auf 1,6 Ohm bei 18 kg Druck. A. Somerville schlägt die Verwendung der Ausdehnung der Röhre zur Erzielung einer Druckänderung und somit Widerstandsänderung vor.

[1]) Drake, Iron Coal Trade Rev., Vol. 84, 2295, p. 287—8. — [2]) El. World, Vol. 60, p. 506. — [3]) Pensabene-Perez, Jl. Inst. El. Eng., Vol. 48, 212, p. 484. — [4]) Helios Exp. 1912, p. 1114—6. — [5]) Murphy, Proc. Am. Inst. El. Engin.,

Vol. 30, 1911, p. 2221. — [6]) G. C. C v y, Proc. Am. Inst. El. Engin. 1912, p. 539—44. — [7]) El. World, Vol. 60, 14, p. 715. — [8]) R u h s t r a t, El. Anz. 1912, p. 641. — [9]) M o o r e, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 672. — [10]) F e r r a n t i, El. Engineering, Vol. 8, p. 202. — [11]) S o m e r v i l l e, El. World, Vol. 59, p. 1118.

III. Verteilung und Leitung.

Berechnung der Leitungen. Von Oberingenieur J o s e f H e r z o g, Budapest. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel. Von Direktor Dr. R i c h. A p t, Berlin. — Verlegung der Leitungen, Installationsmaterial; Schaltanlagen und Schalter. Von Oberingenieur A l f r. H e r m a n n i, Berlin. — Überspannung. Störungen. Gefahren. Von Prof. Dr.-Ing. W. P e t e r s e n, Darmstadt. — Korona. Von Oberingenieur J o s e f H e r z o g, Budapest.

Berechnung der Leitungen.

Das Problem der Fortleitung der Elektrizität in langen Leitungen ist durch die Legung des Transatlantischen Kabels 1858 rege geworden. Die rechnerische Behandlung hat bereits 1855 W. T h o m s o n eingeleitet und A. V a r l e y 1859 fortgesetzt.

O. H e a v i s i d e ergänzte 1895 den allgemeinen Weg mit Differentialgleichungen. Er hatte durch seine neue Vektoranalysis die mathematische Entwicklung durch die physikalische Auffassung verstärkt. Der 1912 erschienene dritte Band seiner „Electromagnetic theory" wird gewiß wieder einen Merkstein am Pfade dieser Entwicklung bilden.

H. F. W e b e r in Zürich lehrte seit 1875 dieses Gebiet, in welches seine Schüler W i e t l i s b a c h 1889 für Telephonleitungen u. G. R ö s s l e r 1905 für Kabelleitungen eintraten. Sein jüngster Schüler C. B r e i t f e l d[1]) hat mit Hilfe des Kabelfaktors, des Widerstandes des kurzgeschlossenen und des offenen Kabels die Spannung und die Stromstärke in jedem Punkte der Leitung bestimmt. Er zeigte, daß innerhalb der kritischen Länge der Kurzschlußwiderstand praktisch direkt proportional zur Kabellänge wächst, während für den Leerlaufwiderstand die reziproke Beziehung besteht.

Um die e-Potenzen zu bannen, hat man schon in der reinen Mathematik die trigonometrischen Funktionen durch die hyperbolischen erweitert. So 1757 R. R i c c a t i, 1768 J. H. L a m b e r t, 1830 C. G u d e r m a n n, 1881 S. G ü n t h e r und 1886 E. H. H e y d e n.

Th. H. B l a k e s l e y hat sie 1885 in „Alternating currents of Electricity" (dtsch. v. C. F e l d m a n n 1889) für die langen Leitungen wieder benutzt. A. E. K e n n e l l y[2]) und J. F l e m i n g haben in ihren Schriften und Büchern sie nun endgültig eingeführt. Die Rechnung mit den hyperbolischen Größen entspricht nur dem stetigen Zustande der Strömungserscheinungen.

Durch die Anwendung hoher Spannungen in den Riesennetzen gewannen die Fragen der Ausgleichsvorgänge, also nicht stetige Zustände, immer mehr an praktischer Bedeutung. Ch. S t e i n m e t z und vor ihm H e a v i s i d e und V a s c h y haben sie eingehend studiert. Die „Überspannung" ist schon längst vom Tisch des Theoretikers in die elektrotechnische Werkbank gezogen. Durch den 1912 erfolgten Tod H. P o i n c a r é s hat das unerschöpfliche Problem der sog. „Telegraphengleichung" seinen genialsten Bearbeiter verloren.

Die Leitungen der elektrischen Starkstromanlagen umfassen ein vielseitiges Gebiet, welches mit den Fortschritten der Elektrotechnik und mit den Bedürfnissen gewachsen ist. Das Jahr 1912 stand diesbezüglich im Zeichen der hohen elektrischen Spannungen.

Man kann übersichtshalber eine theoretische Leitungslehre von der des praktischen Leitungsbaues auseinander halten, trotzdem sie tatsächlich mitein-

ander vereint vorwärtsschreiten. Manchmal eilt die Theorie der Erfahrung weit voraus, wie das Netzproblem durch Gauss im Jahre 1833, meist aber folgt jene dieser rasch auf dem Fuße, um sie dann aus roher Unsicherheit zur zielbewußten rechnerischen Beherrschung aller Umstände emporzuheben, wie dies beispielsweise bei den Leitungen mit sehr hohen Spannungen der Fall war.

Berechnung der Leitungsnetze. Aus den theoretischen Arbeiten über Strom-, Spannung- und Energieverteilung in linearen Leiternetzen haben sich im Laufe dreier Jahrzehnte Rechnungsweisen für den Gebrauch der Elektrotechniker, namentlich in Deutschland, herausgebildet, die, wie das vergangene Jahr zeigte, auch in England und Amerika immer mehr Aufnahme gefunden haben.

H. Frohmann[3]) versucht die Leitungen von ihren Stromabnahmen durch Herabsetzung der Speisepunktspannungen zu befreien, was nur in ganz besonderen Fällen möglich sein kann[4]).

Da die Stromverteilung in Netzen auf die Auflösung linearer Gleichungen hinausläuft, so haben alle diesbezüglichen Arbeiten hier ebenfalls Wert. R. Appleyard[5]) erweitert die von Cl. Maxwell und J. A. Fleming herrührende Determinantenlösung auch auf Leiter mit gegenseitiger Induktion. Die Rechenmaschine zur Netzrechnung, welche J. Nowak auf dem Verbandstage deutscher Elektrotechniker 1911 außer Betrieb vorzeigte, wurde nun 1913 im Electrician[6]) beschrieben, ohne daß er auf weitere praktische Erfolge hinweisen konnte. Karl Fuchs[7]) beschreibt eine Vorrichtung aus kommunizierenden Gefäßen zu gleichem Zwecke, auf welche wie auf sein Lotverfahren zur Auflösung von linearen Gleichungen verwiesen werden muß.

Die praktische Auflösung linearer Gleichungen[8]) hat durch einen Aufsatz von K. Goldziher[9]) einen Beitrag erhalten. Parallele Axen werden für die unbekannten Größen zugrunde gelegt.

Durch die Umwandlung der Netzzweiecke und Dreiecke gelingt es in den praktischen Leitungsnetzen, die Anzahl der unbekannten Strom- oder Spannungsgrößen sehr wesentlich herabzusetzen. A. E. Kennelly hat 1899 solche Umwandlungsformeln für Drehstrom angegeben. Ihre Anwendung zur Netzrechnung ist unter der Bezeichnung widerstandstreue Netzumbildung und noch mehr als Transfiguration allgemein eingeführt und angenommen worden. Für Meßzwecke hat G. F. C. Searle[10]) mit einem Beitrage Heavisides sie wieder hervorgeholt und verallgemeinert.

Statische Berechnung. Den mechanischen Anforderungen der Luftleitungen mußte unter der großartigen Entwicklung der elektrischen Anlagen erhöhte Wichtigkeit beigemessen werden, sowohl bezüglich der Leitung selbst als ihres Tragbaues, der Isolatoren und der Ständer.

Das Aluminium als Leiterstoff für Luftleitungen hat das Kupfer noch immer nicht verdrängen können. Bei der Rjukanfosanlage in Norwegen wurde es benutzt[11]). Maguerre weist auf die Frage hin, wie weit man Wind- und Eisbelastung als gleichzeitige gelten lassen soll. Die Zusatzlast darf nicht im Verhältnis mit dem Querschnitte des Drahtes wachsen. Er bemängelt diesbezüglich die deutschen Vorschriften[12]). Mit Vorschlägen für diese beschäftigt sich W. v. Moellendorff[13]) hinsichtlich spez. Widerstandes, der Zerreißfestigkeit und des spez. Gewichts. Für die große im Bau befindliche Überlandzentrale des Elektrizitätsverbandes Gröba in Sachsen, deren Leitungsnetz etwa 1300 km Länge hat, wurde von W. Kübler zur Hälfte Kupfer, zur Hälfte Aluminium genommen[14]). E. Huber-Stockar hat bereits diese Frage ausführlich auf dem internationalen elektrotechnischen Kongresse zu Turin behandelt[15]), ferner Ch. L. Johnson[16]), auf Grund amerikanischer Erfahrungen.

Für die rechnerische Behandlung des Durchhanges von Luftleitungen hat schon Grashof in seiner klassischen Maschinenlehre alle Unterlagen geboten und auf den Ersatz der flachen Kettenlinie durch die sie innig berührende Scheitelparabel hingewiesen. Vom Jahre 1892 bis 1911 sind etwa 30 Aufsätze über Durchhang erschienen. Hiervon in den letzten Jahren zwei Drittteile. Auch 1912 hielt

diese Strömung an. T. C. Taliaferro[17]) wandte sie besonders für die Aluminiumleitungen an. Auf Mastabstände von und über 150 m geht hierüber P. H. Thomas[18]) ein. Vielfach wird die Gleichung dritten Grades, welche bei Berücksichtigung der Drahtelastizität und Temperatur sich ergibt, durch graphische Tafeln vervollständigt, wie es seinerzeit J. Herzog für weiches Kupfer, A. Blondel allgemeiner u. a. durchführten. Für die oberitalienischen Verhältnisse tat dies Semenza. Von den Arbeiten des Berichtsjahres sind die von A. Still[19]), C. Montelius[20]) und Carpenter[21]) hervorzuheben. Über Windgeschwindigkeiten und -stärken, die nicht nur die Leitung, sondern vornehmlich ihren Tragbau beeinflussen, gab Scharff[22]) eine neuere Zusammenstellung.

In Amerika ist der Bau eiserner Gittertürme zur Leitungsführung vollständig entwickelt worden. Es haben sich bestimmte Formen bereits herausgebildet. T. A. Worcester[23]) wendet sich diesen Fragen zu. Schon in alten Lehrbüchern über Telegraphenbau wurde empfohlen jede zehnte Leitungssäule als festere Stütze zu entwickeln. Der Starkstrom hat daraus nach Jahrzehnten ein besonderes System zu entwickeln gewußt (A. Still).[24]) Der Vergleich der Mastkosten für die Fernanlagen ist von großer Bedeutung geworden. Die Bauweise bei der ersten europäischen Hochspannungs-Anlage von der Aktien-Gesellschaft Lauchhammer weist mächtige Schutzbügel für die Leitung auf.[25])

[1]) Breitfeld, Berechnung von Wechselstromleitungen (Heft 17 der Elektrotechnik in Einzeldarstellungen), Braunschweig 1912. Besprechung El. Z., 1912, p. 1042. — [2]) Kennelly, The Application of Hyperbolic Functions to Electrical Engineering problems. Bespr. El. Masch.-Bau, 1912, Heft 29; Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 1029. — [3]) Frohmann, El. Masch.-Bau, 1912, p. 805. — [4]) Herzog, El. Masch.-Bau, 1912, p. 744. — [5]) Appleyard, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 857—9. — [6]) Nowak, Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 748. — [7]) Fuchs, Österr. Ztschr. f. Vermessgswesen., 1912, X. — [8]) Herzog-Feldmann, Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen, Göschen 1910, p. 102. — [9]) Goldziher, Z. Math. u. Physik, 61. Bd., Heft 1/2. — [10]) Searle, Electrician (Ldn.) v. 31. März 1911. — [11]) Maguerre, El. Kraftbetr., 1912, p. 266. — [12]) El. Z., 1912, p. 818. — [13]) v. Moellendorff, El. Z., 1912, p. 662. — [14]) Kübler, El. Z., 1912, p. 622. — [15])Bericht des intern. elektrotechn. Kongresses zu Turin 1911 bei Virungo, Bona in Turin. — [16]) Ch. L. Johnson, El. World, Vol. 60, p. 45. — [17]) Taliaferro, Rev. Industr., 42. An., 1911, p. 367. — [18]) Thomas, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1911, p. 2270. — [19]) Still, El. World, Vol. 58, p. 1188. — [20]) Montelius, Tekn. Tidsskr., 1912, p. 17. — [21]) Carpenter, El. World, Vol. 60, p. 101. — [22]) Scharff, D. Bauz., Bd. 46, p. 215. — [23]) Worcester, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 695. — [24]) Still, El. World, Vol. 60, p. 97. — [25]) El. Z., 1912, p. 168.

Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel.

Freileitungen. Besonderes Interesse hat man im Freileitungsbau der Verwendung von Aluminium zugewandt.[1]) Die relativ hohen Kupferpreise des Jahres 1912 gaben den wirtschaftlichen Anstoß, während die fortdauernde Steigerung der Fernleitungsspannungen es wünschenswert erscheinen ließ, ohne gleichzeitige Gewichtsvermehrung den Leitungen größere äußere Durchmesser zu verleihen. Denn die Höhe der sogenannten Korona-Verluste ist wesentlich durch den äußeren Durchmesser bedingt. Die Notwendigkeit größerer Spannweiten führte dann weiter dazu, anstatt des Reinaluminiums Aluminiumlegierungen mit hoher spezifischer Festigkeit vorzuschlagen. Das sogenannte Duralumin[2]) und das Spreealuminium sind Beispiele solcher Spezialmetalle. Wichtig ist eine sorgfältige Herstellung der Verbindungsstellen zwischen Kupfer- und Aluminiumleitungen mit Rücksicht auf elektrische Korrosionen. Zweckmäßig werden die Spleißstellen isoliert.

Die zurzeit in Kraft befindlichen Freileitungs-Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sind der Anwendung von Aluminiumleitungen inso-

fern ungünstig, als sie unrichtige Annahmen über die Schnee- und Eisbelastung machen, wodurch die zusätzlichen Belastungen zu Ungunsten der Aluminiumleitungen erhöht werden. Entsprechende Abänderungen sind in Vorbereitung.

Kabel. Auf dem Gebiete der Kabeltechnik hat die Vervollkommnung der Hochspannungskabel weitere große Fortschritte gemacht. Als Isoliermaterial herrscht souverän nach wie vor das Papier. Durch geschickte Zusammensetzung hat man gelernt, Tränkmassen zu erhalten, die hohe Durchschlagsfestigkeit, weitgehende Unabhängigkeit von der Temperatur in elektrischer und mechanischer Hinsicht sowie geringe Verluste durch dielektrische Hysteresis miteinander vereinigen. Sektorkabel werden wegen unzulässig hoher Beanspruchung des Dielektrikums an den scharfen Krümmungen der Leiter für hohe Spannungen nicht mehr verwendet.[3]) Für dreifach verseilte Kabel dürfte mit Rücksicht auf die durch Fabrikationsverhältnisse und die Schwierigkeiten der Verlegung bedingte Beschränkung im Außendurchmesser bei etwa 40 000 V die Spannungsgrenze liegen. Kommen höhere Betriebsspannungen in Frage, so geht man auch in Drehstromanlagen zweckmäßig zur Verwendung von Einfachkabeln über, die allerdings keine Armatur aus magnetischem Material haben dürfen. Aluminiumleiter können infolge der Vergrößerung des Durchmessers der Seele in manchen Fällen vorteilhaft sein. Einfachkabel bis 60 000 V befinden sich im Betrieb.

Besonderer Wert wird neuerdings mit Recht auf die Bestimmung der dielektrischen Verluste in Hochspannungskabeln gelegt, weil dieselben für den Wirkungsgrad einer Übertragung von wesentlicher Bedeutung sind. Wegen der großen Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung im leerlaufenden Kabel ist die Messung schwierig. Hochspannungswattmeter[4]) und Oszillograph haben sich als wichtige Hilfsmittel erwiesen.[5])

Zur elektrischen Versorgung der nördlich und südlich Berlins gelegenen Vororte haben die Berliner Elektrizitätswerke ein über 200 km langes Hochspannungskabelnetz mit dreifach verseilten Kabeln von 30 000 V Spannung in Betrieb genommen. Es ist dies das erste Kabelnetz der Welt, das mit so hoher Spannung und in solcher Ausdehnung benutzt wird.

Von den Kabeln für Spezialzwecke haben die Abteufkabel[6]) besondere Beachtung gefunden. Biegsam und wasserdicht heißen die wichtigsten Forderungen; deshalb sind guter Gummi als Isolierung und eine den Erfordernissen der Betriebsverhältnisse sorgsam angepaßte Armierung wichtig. Der V. D. E. hat spezielle Vorschriften für die Konstruktion der Abteufkabel in die neuen Normalien für bewegliche Leitungen eingefügt.

Isolierte Leitungen für Innenräume. Das wichtigste Isoliermaterial für Installationsleitungen ist nach wie vor der Kautschuk. Die Bemühungen, diesen wertvollen Stoff auf synthetischem Wege herzustellen, haben zu weiteren positiven Ergebnissen geführt.[7]) Wenn auch die bisherigen Methoden für die fabrikationsmäßige Herstellung des Kautschuks noch zu teuer sind, vor allem, weil es an billigem Ausgangsmaterial fehlt, so kann doch nicht daran gezweifelt werden, daß in absehbarer Zeit der synthetische Kautschuk in vollen Wettbewerb mit dem natürlichen Produkt treten wird. Bemerkenswert ist die starke Steigerung der Zufuhr von den Plantagen.[8]) Im Jahre 1912 betrug die Produktion an Plantagengummi bereits mehr als 20 000 t und übertraf damit diejenige der sogenannten Mittelsorten. Da ein großer Teil der Kautschukplantagen noch nicht völlig ertragfähig ist, so steht zu erwarten, daß bis zum Jahre 1915 die Ausbeute der Plantagen auf zirka 40 000 t gestiegen ist, so daß ihre Produktion dann an die der brasilianischen Urwälder heranreicht. Die enge Verbindung des Material-Prüfungsamtes mit den Fabrikanten elektrischer Leitungsmaterialien hat zu einer fortdauernden Vervollkommnung der Analysenmethoden für Kautschukmischungen geführt. Trotzdem bleibt auf diesem Gebiete viel zu tun übrig. Immer noch ist mit der genauen Feststellung des Kautschukgehaltes, der Harzziffer und anderer für die Beurteilung einer Mischung wichtiger Zahlen eine bemerkenswerte Unsicherheit verknüpft, so daß das Gebiet der Kautschukanalyse weiterhin ein dank-

bares Arbeitsfeld bleiben wird. Obwohl die neuen Normalien für Gummiaderleitungen des V. D. E. bereits im Jahre 1910 in Kraft getreten sind, ist es leider bisher nicht möglich gewesen, den neuen Normalleitungen zur vollen Anerkennung bei allen Elektrizitätswerken und Installateuren zu verhelfen[9]; immer noch werden die älteren Leitungen verlegt und zugelassen. Schärfere Maßnahmen gegen diesen Mißbrauch sind in Vorbereitung.

Die Anwendung des seit längerer Zeit schon bekannten Rohrdrahtes hat in neuerer Zeit weitere Ausdehnung gefunden, und zwar vor allen Dingen deshalb, weil dieses Installationsmaterial sich in hervorragender Weise zu Nachinstallationen geeignet erwiesen hat.

Auch auf dem Gebiete der sogenannten beweglichen Leitungen[10] für transportable Stromverbraucher, über deren Konstruktion vielfach Unklarheiten bestand, und die vor allen Dingen in den verschiedensten Anordnungen verwendet wurden, ist die Aufstellung von Normalien begonnen worden.

[1]) El. Z., 1912, p. 622. — [2]) L. M. Cohn, El. Masch.-Bau, 1912, p. 809—15. — [3]) W. Deutsch, El. Z., 1911, p. 1175—9. — [4]) T. Matter, El. Engineering, Vol. 8, p. 25. — [5]) El. Anz., 1912, p. 677. — [6]) A-E-G-Ztg., 14. Jg. 12, p. 1—7. — [7]) F. Hofmann, Z. Schwachstrom, 1912, p. 290—5. — [8]) El. Z., 1912, p. 163—4. — [9]) Rochs, El. Z., 1912, p. 130—1. — [10]) W. Vogel, El. Z., 1912, p. 931.

Verlegung oberirdischer Leitungen.

Die zur Verlegung, Befestigung und Verbindung elektrischer Leitungen dienenden Materialien haben wesentliche Vervollkommnungen in der Richtung des wirksamen Schutzes der Leitungen und der Vereinfachung der Installation erfahren.

Zur Verbindung und Verzweigung von Kabeln werden Verbindungsdosen und Muffen, welche wasserdicht sein müssen, in zweckmäßiger Weise angefertigt.[1]) Kabelmuffen ganz aus Isoliermaterial führt die A. E. G.[2]) in verschiedenen Formen aus.

Eine interessante unterirdische Installation wird in El. Rev. (Chic.)[3]) beschrieben.

Beachtenswerte neuere Kabelschutzhüllen und Abdeckungen werden von J. Schmidt[4]) angegeben.

Über Leitungsverlegung in Fabriken finden sich Angaben in einem Buche von R. G. Devey[5]).

Isolatoren.*)

Für Verlegung im Freien und an der Außenseite von Gebäuden hat die Ausführung der Isolatoren gute Fortschritte gemacht.

Die Geschichte des Isolators reicht weit zurück und sie begann schon frühzeitig launig zu werden, als Chauvin mit seiner Doppelglocke die kurz vorher gefaßten Beschlüsse einer Kommission auf den Kopf stellte. Solche energische Wandlungen in der Entwicklung hat auch der Standisolator jüngst in der Hängebauart erlebt.

Noch 1904 auf dem Internationalen Elektriker-Kongreß zu St. Louis hielt Converse in seinem Vortrag High-Tension-Insulators das Gewicht von 25 kg für eine 80 KV-Glocke für nötig. Die meisten europäischen 50 KV-Isolatoren wiegen 7,5 kg, dagegen für die erste europ. 40 KV-Anlage Gromo-Nembro nur 2,3, auch der Isolator der Ruhrtalsperren-Anlage wog für 33 KV nur 3,3. Oberhalb 50 KV Betriebspannung nehmen die Gewichte der Ständerglocke rasch zu. So wiegen für die mit 55 KV betriebene Anlage Orlu-Toulouse und Ventavon-

*) Der Abschnitt über Isolatoren ist von Oberingenieur Jos. Herzog, Budapest, bearbeitet.

Brillanne schon 13 kg, die spanische Anlage Molina-Madrid für 66 KV 12 kg bei einem Durchmesser von 35 cm und einer Höhe von 36—40 cm. Die 60 KV-Anlage der Niagara-Lockport and Ontario Power Co. hatte 1907 bei 37 cm Durchmesser und 49,5 Höhe 27 kg. Diese Stützenisolatoren ließen sich also nicht oberhalb 60 KV verwenden, erst der 1907 von E. M. Hewlett aus einer Kette von mehreren Stücken bestehende Hängeisolator erlaubte höhere Spannungen und hat die sichere Einführung der Spannungen von 110 und 140 KV erst ermöglicht. In Winkelpunkten der Leitung und an Stützmasten, die etwa jedes Kilometer angebracht sind, nimmt man eine größere Anzahl der Glieder in der Kette, welche nicht mehr lotrecht hängt, sondern fast in wagerechter Richtung gezogen wird.

Einen Vergleich der verschiedenen Formen dieser Hängeisolatoren namentlich mit bezug auf die gleichmäßigere Feldverteilung durch Metallschirme gibt J. Lustgarten[6]). Bei der 140 KV-Anlage am Au Sable-Flusse[7]) besteht die Leitung aus siebenlitzigem hartgezogenem Kupferkabel von 53,5 qmm Querschnitt und 9,5 mm Durchmesser. Zu ihrer Isolierung dienen 1,6 m lange Ketten von 10 teiligen Hängeisolatoren mit 25,4 cm Durchmesser. Diese gehören dem scheibenförmigen Typ mit aufgekitteten Armaturteilen an. An den Abspannpunkten ist derselbe Typ von zehn Gliedern angewendet. Dabei ist vorgesorgt, daß auch bei seitlichem Ausschwingen des Leitungsdrahtes die je zwei Abspannketten verbindende Kabelschleife mindestens vom Mast 1,83 m entfernt bleibt.

Der durchgreifende Erfolg der Hängeisolatoren geht daraus hervor, daß damit in den letzten Jahren 40 Anlagen bis auf 40 KV versehen wurden. Davon gehören 35 dem gekitteten Typ gegen den verketteten an.[8]) Besondere Richtlinien für die Konstruktion von Stütz- und Durchführungsisolatoren hat W. Fellenberg[9]) gegeben.

Leitungsmaste.

Über sachgemäße Materialgebung und Behandlung von Ständern und Masten finden sich Angaben von B. Haas[10]). Verwendungsmöglichkeiten des Fontanamastes gibt Mehrtens[11]).

Als Querarme und Stützen werden schmiedeeiserne Traversen benutzt, deren Tragfähigkeit und Haltbarkeit gut und deren Gewicht gering ist gegenüber den Holzarmen.[12])

Über eine neue Verlegungsart für Freileitungsnetze in städtischen Straßen werden von Fritz Süchting[13]) bemerkenswerte Angaben gemacht.

Leitungen im Innern der Häuser.

Bei Beleuchtung von Kesselhäusern bezüglich Installation zu erfüllende Bedingungen werden angegeben von H. G. Wilson[14]).

In Hausanlagen nimmt die Verwendung von Rohrdrähten nach dem Kuhlosystem an Umfang zu, insbesondere als Ersatz für die Litzeninstallation. Rohrdrähte werden jetzt von mehreren großen Fabriken hergestellt.[15])

Auch die anderen Schutzrohrsysteme sind weiter ausgebaut und vervollkommnet worden.[16])

F. G. Waldenfels[17]) teilt vergleichende Angaben über verschiedene Materialien als Resultat von Untersuchungen mit.

Ein neues System der Leitungsverlegung wird in Beton- und Shed-Fabrikbauten angewendet; dabei wird an der Decke ein Spanndraht und an diesen durch Porzellanklemmen die Leitung befestigt.[18])

Installationsmaterialien.

Den angegebenen verschiedenen Verlegungsarten müssen die Installationsmaterialien naturgemäß angepaßt werden. Die Entwicklung geht außerdem

dahin, diese Materialien mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit des Verwendungsortes und der Beanspruchung in ganz verschiedenen Sorten zu bauen.

Man wird zur Installation im Freien, sofern sie sonst mechanischen Beschädigungen nicht ausgesetzt sind, mit Vorliebe Apparate in Porzellan oder gleichwertigen Isoliergehäusen, bei mechanischer Beanspruchung in Metallgehäuse verwenden.

In Wohnräumen werden in der Regel die Apparate in eleganten, den sicheren Berührungsschutz gewährleistenden Isoliergehäusen, in Bureau-, Lagerräumen usw. in massiven Gehäusen aus Isolierstoff oder Metall, in Fabriken in robusten Gehäusen aus Metall untergebracht.

Für die Installation von Wichtigkeit ist die Verbindung der Leitungen. Bevorzugt wird im allgemeinen die Verschraubung, doch sind auch andere neuere Verfahren der Verlötung vielfach vorzuziehen.[19])

C. Egner[20]) teilt ein neues Lötverfahren für elektrische Leitungen mit. Die Haltbarkeit der Isolierlacke und Vergußmassen sind für die Anlagen von Wichtigkeit.[21])

In modernen Neubauten von Wohnhäusern wird die Installation mit Vorliebe unter Putz ausgeführt und auch die Betätigungsmittel, wie Schalter und Steckvorrichtungen bringt man vielfach in der Wand an, wobei die Öffnungen in entsprechender Weise verschlossen werden. Die Literatur über Hausinstallationen und Installationsmaterial ist reichhaltig.[22])

Eine wichtige Stelle in der Hausinstallation nehmen die Verteilungssicherungen und Sicherungstafeln ein; zuverlässiger Anschluß und zuverlässiges Funktionieren der Sicherungen ist von großer Bedeutung.[23])

Sicherungen.

Die Unverwechselbarkeit der Sicherungen ist für die Sicherheit der elektrischen Anlage unentbehrlich. Obgleich die vorhandenen Systeme den praktischen Bedürfnissen wohl genügen, wird an der Vervollkommnung noch gearbeitet.

Der Bau der Schmelzsicherungen hat sich im wesentlichen auf den Ausbau und die Vervollkommnung der bestehenden Systeme beschränkt. Die Unverwechselbarkeit nach dem Durchmesser-System hat sich gut eingeführt und wird von vielen Fabrikanten bereits listenmäßig geführt.

Der leichte und billige Ersatz der Schmelzstöpsel wird durch Reparierbarkeit usw. angestrebt.[24]) Vielen Werken steht aber die Betriebssicherheit so hoch, daß sie sich der Gefahr einer eventuellen schlechten Reparatur nicht aussetzen und die Stöpsel so bauen, daß deren Erneuerung nur dem Hersteller möglich ist.

Kleine Schalter, Fassungen, Stecker.

Fassungen mit Zugschalter werden neuerdings häufiger angewendet.[25]) Es sei deshalb darauf hingewiesen, daß nach den Vorschriften des V. D. E. die Zugkette, soweit berührbar, aus Isoliermaterial bestehen muß.

Außer den bekannten Drehschaltern werden neuerdings für Wohnräume auch vielfach Druckknopfschalter benutzt.[26])

Sehr beliebt und zweckmäßig ist für Wohnräume die Vereinigung mehrerer Apparate in einem einzigen Gehäuse oder die gemeinsame Abdeckung z. B. von Schalter und Steckvorrichtung usw.

Wenn die Materialien auf der Wand angebracht werden, ist eine einfache Befestigungsart willkommen.[27])

Auch für die Installation von Abzweigdosen und Sicherungen bei in Rohr verlegten Leitungen gibt es bewährte Methoden.[28])

Eine unentbehrliche Einrichtung für moderne Häuser ist die elektrische Treppenbeleuchtung durch Zeitschalter. Auf diesem Gebiete wird noch gearbeitet zur Erzielung großer Dauerhaftigkeit, großer Regulierfähigkeit und geringen Stromverbrauches.[29])

Auch für automatische Treppenbeleuchtungsanlagen gibt es neue Schaltungen.[30])

Installationen in den modernen großen Bureaugebäuden werden nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgeführt. Im allgemeinen wird man hier zwar geschmackvolles, aber doch kräftiges widerstandsfähiges Material bevorzugen, unter gelegentlicher Abweichung von der Normalpraxis.[31])

Für Bureau- und Lagerräume, besonders aber für Fabriken, landwirtschaftliche Betriebe, Grubenbetriebe usw. wird das geschilderte Material nicht ausreichen, hier gebraucht man gekapseltes Material, auch ist die Art der Verlegung des Leitungsschutzes eine robustere.[32])

Da die wasserdichten Anlagen in der Industrie und Landwirtschaft immer verbreiteter und wichtiger werden, sei auch hingewiesen auf eine Abhandlung von H. Pade.[33])

Die elektrische Beleuchtung nicht nur der öffentlichen Sommergärten, sondern auch der Hausgärten nimmt zu.[34])

Prüfung. Abnahme. Erdung.

Die Prüfung und Abnahme der Hausinstallationen sollte sich auch darauf erstrecken, ob die verwendeten Materialien genügen, also für Deutschland den Verbandsvorschriften entsprechen. Im übrigen gibt F. Jahn[35]) einige Anregungen.

Die Erdung elektrischer Anlagen ist ein zuverlässiges und bei Anlagen mit Nulleiter auch sehr einfaches und billiges Mittel, die Bedienung gefahrlos zu machen. Der V. D. E. beschäftigt sich mit dieser Frage und wird geeignete Wege zur Ausführung von Erdungen angeben. Beachtenswert sind auch die Angaben von Vogel[36]).

Erwähnt sei die Erdleitungsklemme von Belcher[37]).

Auch ein Verfahren zur Erdung der Sekundärwicklungen von Transformatoren und der sekundären Netzhälften ist beachtenswert.[38])

Isolierstoffe*).

Die systematische Untersuchung und Gruppierung der Isolierstoffe ist wesentlich gefördert worden durch die Arbeiten der vom V. D. E. eingesetzten Isolierstoff-Kommission.[39]) Dieselbe konnte ihre Arbeiten zu einem vorläufigen Abschlusse bringen und infolge tätiger Mitarbeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und des Material-Prüfungsamtes vereinfachte Prüfbedingungen schaffen. Um so wertvoller sind diese Ergebnisse, als gerade das vergangene Jahr auch in der Anwendung der sogenannten künstlichen Isolierstoffe große Fortschritte gemacht hat. Wichtige Gebiete des Apparatebaus und der Installationstechnik wurden erobert. Etagenabzweigklemmen, Zählerbretter, Schaltergehäuse sind erwähnenswert. Diese Erfolge konnten erreicht werden, weil es gelang Stoffe herzustellen, die neben großem Isoliervermögen und mechanischer Festigkeit ganz besondere Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen aufweisen.

Schaltanlagen und Schalter.

Die Schaltanlagen selbst sowie die Hebelschalter werden nach modernen Grundsätzen in neuartiger Weise ausgeführt. Es zeigt sich das Bestreben, die Installation für höhere Spannungen zu vervollkommnen und die Bedienung unge-

*) Der Abschnitt über Isolierstoffe ist von Direktor Dr. R. Apt bearbeitet.

fährlich zu machen. Die Einfachheit der Installation und der Handhabung ist dabei gestiegen.[40])

An selbsttätigen Schaltern sind anzuführen: Ein Schwimmerschalter von Cruse[41]) zum selbsttätigen Anlassen von kleinen Motoren zum Antrieb von Pumpen für Anlagen mit offenen Bassins; ein Zeitschalter von Fr. Klingelfuß[42]), eine Sperrschalteinrichtung mit Wecksignal von Schroeder[43]), ein automatischer Schalter, welcher das vorzeitige Ausschalten bei kurzzeitigen Überlastungen verhindert.[44]) Eine Zusammenstellung über selbsttätige Schalter gibt E. Grünwald[45]).

Für höhere Spannungen hat sich die Abschaltung unter Öl als zweckmäßig erwiesen. Interessante Mitteilungen über oszillographische Messung der Strom- und Spannungsbogen sowie der Schaltgeschwindigkeit gibt E. Marguerre[46]), andere Abhandlungen B. Merrian[47]) und A. Mathias[48]).

Um Unterbrechungs- und Schaltvorrichtungen automatisch und wahlweise zu betätigen, werden in Verteilungsnetzen Schutzrelais angewendet.[49])

Zu dem an anderer Stelle behandelten Pauschaltarif werden sowohl Lampenfassungen mit Unverwechselbarkeits-Einrichtungen für Lampen bestimmten Verbrauches, als auch Strombegrenzer[50]) benutzt.

[1]) Shadley, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 21, p. 993, 2 fig. — [2]) A. E. G., Preisblatt 1912. — [3]) El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 7, p. 306—8, 4 ill. — [4]) J. Schmidt, El. Z. 1912, p. 926—7, 10 fig., 2 ill.; p. 954—6, 12 fig., 5 ill. — [5]) Devey, El. Install. Manuals, 12 + 197 p., ill., N. Y. Van Nostrand 1911. — [6]) Lustgarten, Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 1000. — [7]) El. World, Vol. 59, p. 795, 843. — [8]) Weicker, El. Z. 1912, p. 253. — [9]) Fellenberg, El. Z. 1912, p. 582, 611, 637, 684, 963. — [10]) Haas, El. Anz. 1912, 44, p. 562—3. — [11]) Mehrtens, Eisenbau, 2. Jg., 1911, 11, p. 436—8, 10 ill. i— [12]) El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 16, p. 775—6. — [13]) Süchting, El. Z. 1912, 13, p. 316—8, 5 ill. — [14]) H. G. Wilson, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 14, p. 662—3, 4 fig. — [15]) Druckschr. d. Siemens-Schuckertwerke, Installation mit Rohrdrähten System Kuhlo; Druckschr. d. A. E. G. über Rohrdrähte. — [16]) Reinecke, El. Anz. 1912, 21, p. 261—3, 17 ill.; Kirchgasser, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 4, p. 175—8, 11 fig., 1 tab. — [17]) Waldenfels, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 19, p. 895—7, 11 fig.; 22, p. 1045—8, 8 fig. — [18]) Helios Exportz. 1912, 20, p. 1068. — [19]) Prometheus, 23. Jg., 33, p. 522—4, 4 ill. — [20]) Egner, Lum. él., Ser. 2, T. 17, 7, p. 208—9, 4 fig. — [21]) Helios Exportz. 1912, 21, p. 1110—1. — [22]) Hermanni, Das moderne Installationsmaterial unter dem Gesichtspunkte der Gefahrlosigkeit, Bequemlichkeit und Sparsamkeit. Vortrag. 4°. 22 p. (AEG.-Vortrag.) Bursill, Die Grundlagen und die praktische Ausführung der el. Installation. gr. 8°. 232 p. Longmans, London. Horstmann & Tonsley, Moderne Schaltungsschemas und Beschreibungen. — [23]) Klement, Moderne Verteilungssicherungen, El. Z. 1912, 12, p. 294—7, 20 ill.; Porzellan-Verteilungstafeln, AEG.-Flugblatt, Elektrizität 1911, 30, p. 481, 2 fig., 2 ill. — [24]) El. World, Vol. 59, 21, p. 1131, 1 fig. — [25]) Pfeiffer, El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 10, p. 470, 3 fig. — [26]) Elektrotechniker 1912, 14, p. 182—3, 7 ill. — [27]) Helios Exportz. 1912, 87, p. 1913, 1 fig. — [28]) El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 8, p. 350—2, 1 fig., 7 ill. — [29]) Neumann, Helios Exportz. 1912, 19, p. 1009—13; 20. p. 1061—5, 1 fig., 7 ill. — [30]) El. Anz. 1912, 56, p. 713—4, 3 fig. — [31]) El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 12, p. 559—62, 10 fig. — [32]) Elektroindustrie 1912, 16, p. 184—6, 12 ill.; Reinecke, Helios Exportz. 1912, 9, p. 461—6; 10, p. 517—20, 2 fig., 47 ill.; Hausanschlußsicherungen, Schaltkästen: Druckschr. d. AEG.; Gekapselte Stechdosen: Druckschr. d. Siemens-Schuckertw.; Schalter f. Räume mit Explosionsgefahr, El. Masch.-Bau 1911, 47, p. 510, 1 fig.; Coulan, Steckvorrichtung mit Ventilverschluß, El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 11, p. 520. — [33]) Pade, Elektrotechniker 1912, 22, p. 87—92, 7 ill. — [34]) El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 18, p. 846—7, 1 fig. — [35]) Jahn, El. Anz. 1912, 68, p. 873—4. — [36]) Vogel, Druckschr. d. Oberschles. Überwachungsvereins. — [37]) Belcher, El. Rev. (Chic.), Vol. 61, 5, p. 230, 2 fig. — [38]) El. World, Vol. 59, 22, p. 1215—6, 5 fig. — [39]) Passavant, El. Z. 1912, 18, p. 450—6. — [40]) W. Meyer, El. Anz. 1912, 35, p. 445—6; Probst, Elektrotechniker 1912, 2, p. 14—7, 1 fig., 7 ill.; Edler, Elektrotechniker 1912, 5, p. 54—8, 5 fig., 7 ill. — [41]) Cruse, El. Anz. 1912, 74, p. 954—5, 6 fig., 2 ill. — [42]) Klingelfuß, Verh. d. Röntgengesellschaft 1911, 7. Bd., p. 148,

1 ill. — [43]) Schroeder, Helios Exportz. 1912, 21, p. 1112—4, 1 fig. — [44]) El. Rev. (Ldn.), Vol. 69, 1774, p. 859—60, 4 fig. — [45]) Grünwald, El. Anz. 1911, 95, p. 1223—4; 96, p. 1237—8; 98, p. 1265—6, 23 ill. — [46]) Marguerre, El. Z. 1912, 28, p. 709—11, 12 ill. — [47]) Merrian, Lum. él., Sér. 2, T. 34, p. 246—8, 2 ill. — [48]) Mathias, AEG.-Ztg. 1912, 8, p. 10—2, 7 ill. — [49]) Hewlett, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, 11, p. 521—2; Rev. Prat. Electricité 1912, 11, p. 161—6, 3 fig., 3 ill.; El. World, Vol. 59, 14, p. 728—30. — [50]) System AEG., Rev. Industrielle, 43. An., 1912, 4, p. 50, 1 fig.; Hartmann & Braun, Elektrotechniker 1912, 19, p. 280—1, 1 ill.

Überspannungen, Störungen, Gefahren, Korona.

Überspannungen. Die rasche Zunahme der Überlandanlagen und die hiermit verbundene rasche Zunahme der Störungen durch Überspannungen hätte eine rege Tätigkeit auf dem Gebiete der Überspannungen und des Überspannungsschutzes vermuten lassen. Jedoch ist im Berichtsjahr verhältnismäßig wenig an die Öffentlichkeit gedrungen.

Von großem praktischen Werte ist die von Rüdenberg[1]) gegebene Darstellung des Einschaltvorganges, welche mit allem Nachdruck darauf hinweist, daß jedes Zentimeter Leitung in einer Hochspannungsanlage als Störungsursache von Bedeutung sein kann. Wird z. B. ein Kabel über ein kurzes Stück Anschlußleitung, die wie gewöhnlich in Schaltanlagen als offene (Frei-)Leitung verlegt ist, eingeschaltet, so verursacht der große Ladungsbedarf das Kabels, welcher nur in ganz geringfügiger Weise durch die auf der Freileitung lagernde Ladung gedeckt werden kann, ein plötzliches Absinken der auf der Freileitung vor dem Einschalten herrschenden Spannung. Das Verschwinden der Spannung pflanzt sich in Form einer Entladewelle fort, welche beim Auftreffen auf die Eingangswindungen der Maschinen oder Transformatoren unter annähernder Verdoppelung zurückgeworfen wird. Diese Windungen erhalten also einen Spannungsstoß von annähernd doppelter Betriebsspannung. Im Anschluß an diese interessante Betrachtung wird die Berechnung der Widerstände für Schutzschalter gegeben.[2])

Im übrigen mehren sich die Anzeichen, daß die Wirkungsweise des Kondensators als Schutzmittel gegen Überspannungen immer mehr und mehr richtig erkannt wird. So verläßt z. B. Giles seine früher verfochtene Theorie, daß der Kondensator hochfrequente Überspannungen ableitet, und macht den seit langer Zeit vom Berichterstatter verfochtenen Standpunkt zu seinem eigenen, daß der Kondensator schroffe Wellensprünge umbildet und auftreffende Wellen in das Netz zurückwirft.

Wir verdanken Creigthon und seinen Mitarbeitern auch dieses Jahr einige Mitteilungen, welche ein reiches praktisches Beobachtungsmaterial enthalten und die insofern für uns vorbildlich sein könnten, als sie zeigen, daß sich der Amerikaner nicht scheut, an im Betrieb befindlichen Anlagen Versuche durchzuführen. Die Experimente erbringen u. a. den Nachweis, daß der Lichtbogenunterdrücker[3]) tatsächlich in der Lage ist, Lichtbogen-Erdschlüsse in etwa einer Viertelsekunde zu löschen[4]). Daß allerdings durch diesen Lichtbogenunterdrücker auch Erdschluß-Überspannungen beseitigt werden können, wie aus Oszillogrammen geschlossen wird, bezweifelt der Berichterstatter. Denn es ist schlechterdings unmöglich, mit Oszillographen den größten Teil der als Wanderwellen auftretenden Überspannungen nachzuweisen. Diese Tatsache müßte viel mehr von der Praxis gewürdigt werden, da ein Teil der mit großer Mühe aufgenommenen Oszillogramme als Beitrag zur Erforschung der Überspannungen wertlos ist.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist ein vom gleichen Verfasser[4]) angegebener registrierender Überspannungsanzeiger. Ein Kohärer wird durch auftreffende hochfrequente Störungen angeregt, betätigt seinerseits ein Relais, das eine Schreibvorrichtung in Gang setzt. Auf diese Weise kann ein Teil der auftretenden Störungen laufend registriert werden.

Irrströme. Die Erdstromkommission, deren ebenso gründliche wie fruchtbringende Tätigkeit rückhaltlose Anerkennung findet, hat ihre Auflösung beschlossen. Da keine wesentlich neuen Momente zu Tage getreten sind, können wir uns mit dem Hinweis auf den zusammenfassenden Bericht[5]), der eine Fülle interessanten Materials enthält, begnügen.

Gefahren. Unfälle. Schutz. Wie wichtig eine richtige Erdung in Hochspannungsanlagen zum Schutze gegen den Übertritt von Hochspannung auf Niederspannungsleitungen ist, zeigt ein folgenschwerer Fall.[6]) Das eiserne Gehäuse einer Transformatorenstation, die zur Versorgung eines Dorfes dient, erhielt Schluß gegen eine Phase der Hochspannungsleitung. Zur Zeit des Unglücksfalles lag die nur 1 m (!) tief eingegrabene Erdplatte in ausgetrocknetem Erdreich. Die Hochspannung nahm nach Durchschlag der Durchschlagsicherung ihren Weg über den Nulleiter und ging von diesem unter Feuererscheinungen im Inneren von bewohnten Gebäuden und von Ställen nach der Erde (Wände) über. Ein Anwesen wurde eingeäschert.

Die Zahl der Unglücksfälle hat erfreulicherweise nicht im gleichen Schritt wie die Ausbreitung elektrischer Anlagen zugenommen. Zwei sehr wichtige Punkte werden anscheinend immer wieder übersehen. Und da es sich hierbei um Menschenleben handelt, dürfte es am Platze sein, etwas ausführlicher auf diese Punkte, deren Kenntnis Allgemeingut sein sollte, einzugehen.

Eine im Bau befindliche Freileitung, die noch nie unter Hochspannung gestanden hat, ist ebenso wie eine abgetrennte und vielleicht an der Trennungsstelle geerdete Leitung im höchsten Maße lebensgefährlich infolge luftelektrischer Erscheinungen. Nur die unmittelbar am Arbeitsplatze vorgenommene Erdung bietet Schutz, der jedoch bei Gewittern in der Nähe sehr zweifelhaft wird.

Bei Leitungen, die der statischen Induzierung unterworfen sind, erfordert die Herstellung und besonders die Lösung der Erdung, die, solange Arbeiten vorgenommen werden, eine bleibende sein muß, Vorsicht. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die Bedienungsmannschaften mit diesen ihnen häufig ganz unbekannten Gefahren (atmosphärische Störungen, statische Induzierung) mehr vertraut gemacht werden könnten.

Korona. Die Furcht vor großen Energieverlusten durch Strahlung bei den hohen Spannungen, welche jahrelang vorherrschte, ist durch zahlreiche Untersuchungen an ausgeführten Anlagen vollständig gewichen. Über die Koronaverluste hat Harding[7]) anlehnend an die Versuche von F. W. Peek[8]) geschrieben. Die Versuchsstrecke hatte eine Länge von 400 m und war an fünfteiligen Hängeisolatoren befestigt. Die Verlustlinien wiesen in der Nähe der kritischen Glimmspannung e_v einen Knick auf, oberhalb und unterhalb dessen ihr die Formel $V = c\,(e - e_0)^2$ mit verschiedenen Werten für die Konstante c entsprach. Für die nach Peek berechneten kritischen Durchbruchsspannungen e_0 ergaben sich größere Verluste. Jedenfalls befolgen nach F. W. Peek, G. Faccioli[9]) und C. F. Harding die Koronaverluste oberhalb der kritischen Glimmspannung e_v ein quadratisches Gesetz. Für die Berechnung der Koronaverluste bei Einphasen- und Dreiphasenleitungen ergab sich das Verhältnis $2 : \sqrt{3}$, was auch Zickler durch den Versuch[10]) bestätigte. Bei der genannten 140 KV-Leitung am Au-Sable-Flusse zeigte sich bei normalem Wetter keine Koronabildung. Die Leitungsdrähte bilden ein gleichschenkliges Dreieck mit einer Grundlinie von 3,65 und gleichen Seiten 5,27 m. Die Fernleitung arbeitet bezüglich Koronaverluste nahe an der kritischen Grenze. Wird die Spannung im Kraftwerk auf 140 KV gehalten und die Transformatoren unbelastet am Ende der Fernleitung eingeschaltet, so steigt zufolge der Leitungskapazität die Endspannung auf 164 KV und bei abgeschalteten Transformatoren sogar auf 190 KV. Die Spannungserhöhung ist dann von bedeutendem Koronaverluste begleitet, der bei sek. offener Leitung 3000 KW betrug. Mit zunehmender Belastung und wachsendem Leistungsfaktor nimmt der Koronaverlust rasch ab; bei 140 KV auf etwas weniger als 2 KW/Kilometer. Die Leitung ist

auf 25 000 KW berechnet, bei welcher Belastung sie fast gleiche Spannungen am Anfang und Ende aufweisen wird.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Kapazität sehr langer Leitungen nicht mehr vernachlässigt werden darf. Für Fälle, wo dies aber zulässig ist, hat N. Forssblad[11]) vereinfachte Rechnungen angegeben, gegen die sich G. W. Meyer[12]) mit Hinblick auf die obige 200 km lange Anlage am Au-Sableflusse wendete.

[1]) Rüdenberg, El. Masch.-Bau, 1912, p. 157. — [2]) Ebenda, p. 600. — [3]) Creighton, Proc. Am. Inst. El. Eng., 1911, p. 377; El. Z., 1912, p. 692. — [4]) Creighton, Proc. Am. Inst. El. Eng., 1912, p. 1435, ebenda p. 623. — [5]) Jl. Gasbeleucht., 1912, p. 718. — [6]) El. Anz., 1911, p. 1188. — [7]) Harding, Proc. Am. Inst. El. Eng., 1912, p. 1271. — [8]) Peek, El. Z., 1912, p. 61, 40, 1170. — [9]) Faccioli, El. Z., 1912, p. 40. — [10]) Zickler, El. Masch.-Bau, 1912, p. 789. — [11]) Forssblad, El. Z., 1912, p. 1259; 1913, p. 52. — [12]) G. W. Meyer, El. Z., 1913, p. 74.

IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung. Von Dr. Rud. Eswein, Dresden. — Kraftquellen. Von Eug. Eichel, berat. Ingenieur, Berlin. — Einrichtungen des Kraftwerks. Von Eug. Eichel, berat. Ingenieur, Berlin. — Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung. Von Dr. Ing. Gust. Siegel, Berlin.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Ganz neue Tendenzen auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung sind, so weit dies aus der Literatur des Berichtsjahres zu ersehen ist, nicht zu verzeichnen. Die Entwicklung schreitet vielmehr auf den bereits eingeschlagenen Bahnen weiter.

Die Dampfkraftwerke scheinen zur Versorgung in der Industrie immer noch in erster Linie berufen zu sein. Eine Untersuchung Bührings[1]), der einen Vergleich der Anlage- und Betriebskosten eines Dampf- und Wasserkraftwerkes gleicher Leistungsfähigkeit einmal für 10 000 und einmal für 20 000 KW durchführt, kommt zu dem Ergebnis, daß die Dampfanlage, die gegenüber dem Wasserkraftwerke mit kleinem Kapital, kleinem Bau- und Betriebsrisiko durchgeführt werden kann, durchaus wettbewerbsfähig sei. Die Beantwortung der Frage, wann Dampfkraft und in welchem Falle Wasserkraft vorzuziehen sei, gibt Rinkel[2]) durch eine Tabelle und ein Diagramm, welche erkennen lassen: 1. welche Einnahmen für eine KWSt. nötig ist, um die Erzeugungskosten einschließlich Kapitalkosten herauszuwirtschaften; 2. die dabei erforderliche Ausnutzung des Werkes für Dampf- und für Wasserkraft und zwar für letztere bei 2,5 und 4 Pf. variablen Kosten; 3. das Verhältnis, in denen die Anlagekosten für Wasserkraft zu denen der Dampfkraft stehen dürfen, um das gleiche wirtschaftliche Ergebnis zu erzielen.

Die wirtschaftlichen Grundlagen, welche beim Bau großer Elektrizitätswerke mit Dampfbetrieb vorliegen, untersucht Klingenberg.[3]) Bei der Betrachtung der Abhängigkeit der Energieerzeugungskosten der Dampfkraftwerke von der Größe dieser und dem Ausnutzungsfaktor werden folgende 3 Typen von Kraftwerken verglichen: A) Einheiten von 20 000 KW mit 7 Kesseln für die Einheit, B) Einheiten von 5000 KW mit je 4 Kesseln, C) Einheiten von 1000 KW mit je 1 Kessel. Die Rechnung stützt sich auf die in Tabellen angegebenen Formeln und zusammengestellten Anfangswerte.

Die Berechnungen gewinnen dabei an Genauigkeit durch Berücksichtigung des vom Verfasser eingeführten „Betriebszeitfaktors“, welcher einen Quotienten

der wirklichen Maschinenbetriebsstunden und der maximal-möglichen Maschinenbetriebszeit darstellt. Die Selbstkosten für die erzeugte KWSt. ergeben sich zu 1,83 Pfg. für Typ A, 2,67 Pfg. für B und 4,67 Pfg. für C, wobei berücksichtigt ist, daß große Werke mit einem besseren Ausnutzungsfaktor rechnen können, als kleine; im vorliegenden Fall 0,4, 0,3 und 0,2. Auch die Frage, ob die Werke jeweils im Schwerpunkt des Verbrauchs zu errichten und die Kohlen durch Eisenbahnen und Wasserstraßen dahin zu befördern sind oder ob man besser große Werke an die Kohlengewinnungsstelle verlegen und die Energie in elektrischer Form nach den Verbrauchszentren leiten soll, wird durch Vergleichsberechnungen behandelt. Es stehen sich gegenüber die Energietransportkosten auf mechanischem und elektrischem Wege, und zwar zerfallen letztere in Kapitalkosten für die erforderliche Fernleitung, die Transformatorenstationen und die Vergrößerung der Zentrale, sowie indirekte Kosten, entstehend aus den Kupfer- und Koronaverlusten in der Leitung, den Transformatorenverlusten, Reparaturen und Bedienung der Übertragungsanlage. Die Berechnungen werden für Übertragung von 50 000 und 20 000 und 10 000 KW in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer und der Übertragungsentfernung für Stein- und Braunkohle durchgeführt; ihr Ergebnis wird in Diagrammen dargestellt. Zur Entscheidung der Frage: mehrere mittlere Werke im Belastungszentrum oder ein großes Werk am Kohlengewinnungsort ist nicht allein der Energietransport-Kostenvergleich maßgebend, sondern es sind außerdem die eingangs erwähnten wirtschaftlichen Vorteile der Konzentration in der Energieerzeugung zu berücksichtigen.

Die Vorschläge zur Verminderung der Selbstkosten, welche sich in der Literatur finden, bewegen sich nach 3 Richtungen. Neben dem Vorschlag zweckentsprechender gleichzeitiger Verwendung verschiedener Krafterzeugungsmittel werden einerseits die Fragen erörtert, die zu einer richtigen Ausnutzung der überschüssigen Abwärme führen sollen, während anderseits die Verwendung billiger Energieträger geprüft wird. Nach der ersten Richtung hin käme nach L. Neu[4]) eine Kombination von Sauggasmaschinen mit Dampfturbinen in Frage. Dabei sollen die Sauggasmaschinen die Grundbelastung übernehmen, während die Dampfturbinen, von denen einige als Zweidruckturbinen auszubilden sind, als „Spitzenaggregate" gedacht sind. Die Dampfkessel sollen mit ungereinigtem Generatorgas geheizt werden und im Niederdruckteil der Zweidruckturbinen soll eine Ausnützung der Gasmaschinenabwärme erfolgen.

Nach der zweiten Richtung macht L. Schneider[5]) nähere Ausführungen. Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit von Heizkraftwerken ist, daß Wärme- und Elektrizitätsbedarf zeitlich zusammenfallen. Die Anlage von kombinierten Werken ist auch für Städte empfehlenswert. Die Heizungskraftzentrale der Stuttgarter Badegesellschaft z. B. gab im Jahre 1909 an die Stadt 1 116 000 KWSt. für 77 000 M (2,3 Pfg./KWSt.) ab und erzielte außerdem 50 000 M Reingewinn. Nach dem Beispiele Nordamerikas könnten Privat- und Geschäftshäuser ihren Heizdampf von einer gemeinsamen Zentrale beziehen, was gleichzeitig eine Minderung der Rauch- und Rußplage mit sich bringen würde. Semmler[6]) empfiehlt die Abwärmeverwertung bei Gasmaschinen. Zur Wiedergewinnung der 35 % durch das Kühlwasser und der 34 % durch den Auspuff verloren gehenden Wärme dient ein dem Verfasser geschütztes, ausführlich beschriebenes Verfahren. An einem Beispiel wird gezeigt, daß es hierdurch möglich sei, bei einer Zentrale zu 15 000 KW kostenlos 2000 KW zu gewinnen.

Nach der dritten Richtung hin macht Kraus[7]) Hinweise, wie vorteilhaft es sei, wenn die Städte, die in dem Abfallkoks und der Abhitze der Retortenöfen der Gaswerke enthaltenen Wärmemengen zur Deckung des Bedarfes an elektrischer Energie heranziehen. Die Koksabfälle könnten entweder durch Verfeuerung unter Dampfkesseln oder durch Vergasung verwertet werden. Aus Verdampfungsversuchen mit einer amerikanischen Unterwindfeuerung ergibt sich dabei, daß die Dampfgewinnung mit anschließender Energieumsetzung in Turbogeneratoren der wirtschaftlichste Weg sei. Die Dampfturbinen sind als Zweidruckturbinen auszu-

bilden, welche in ihrem Niederdruckteil den mit Hilfe der Retortenofenabhitze erzeugten überschüssigen Niederdruckdampf verarbeiten. Es wird berechnet, daß vom Stuttgarter Gaswerk auf diese Weise 3,3 Mill. KWSt. an das städtische Kabelnetz abgegeben werden könnten. Bei Ausbau einer solchen Kraftzentrale mit Teerdieselmotoren könnte das Gaswerk insgesamt 5,5 Mill. KWSt., das heißt 40% des Gesamtbedarfes Stuttgarts an elektrischer Energie durch seine Abfallprodukte decken.

Die immer noch viel umstrittene Frage der Wirtschaftlichkeit von Überlandzentralen veranlaßte Pietzsch[8]) zur Veröffentlichung von Betriebsresultaten der landwirtschaftlichen Überlandzentrale Derenburg am Harz. Es werden ermittelt auf den Einwohner

	Kraft	Licht
beim Dreschen	7,6 KWSt.	
landwirtschaftliche Kleinbetriebe	1,6 „	1,5 KWSt.
Handwerk und Gewerbe	1,0 „	1,2 „
Industrie	2,1 „	0,5 „
Private	—	0,2 „
Straßenbeleuchtung	—	0,7 „
	12,3 KWSt.	4,1 KWSt.

Die jährliche Benutzungsdauer des Maximums beträgt, bezogen auf die Stromerzeugung 2000 Stunden, bezogen auf die Stromabgabe 1240 Stunden. Das Maximum der Belastung fällt in die Monate August und September. Der Dreschkonsum drängt sich nicht auf 2 Monate zusammen, tatsächlich wird nahezu während des ganzen Jahres gedroschen. Die Benutzungsdauer des Maximums ist im allgemeinen größer als ursprünglich angenommen wurde, da sowohl während der Haupt-Dreschzeit, als auch in der Haupt-Lichtzeit die Belastung ziemlich gleichmäßig hoch ist. Die Einnahmen betrugen jährlich

für 1 Lampe	4,35 M
für 1 KW Dreschbetrieb	42,80 M
für 1 KW Kleinmotor für Landwirtschaft und Gewerbe	42,80 M

Obwohl die Einnahmen in Überlandzentralen niedriger sind als in Stadtnetzen, sollte eine Rentabilität bei wirtschaftlich brauchbaren Tarifen zu erzielen sein, weil das Maximum im Verhältnis zum Anschlußwert niedriger wie in Städten ist. In der Landwirtschaft liegt das Maximum von Licht und Kraft in verschiedenen Zeiten.

Büggeln[9]) berichtet in zwei Aufsätzen über die Betriebsergebnisse von Überlandzentralen, und zwar bringt er die Ergebnisse einer Zentrale, die elektrische Arbeit nach Pauschaltarif abgibt, und die Ergebnisse einer Zentrale, die nach dem Doppeltarif verkauft. In dem ersten Falle kostet Licht und Kraft pauschal bei den ersten 20 Morgen (3 Morgen = 1 ha) jeder 2 M und jeder weitere Morgen 1,50 im Jahre. Für ein Stück Vieh werden 5 M in Anrechnung gebracht, wenn der Landwirt alle Arbeiten, einschließlich Dreschen mit dem Motor verrichtet. Wird lediglich Futter geschnitten, so würden 3 M genügen. Nur auf Grund dieser Pauschalsätze war eine Rentabilität möglich. Während in Derenburg die Einnahmen 3,70 M auf den Kopf der Bevölkerung betragen, wovon 2 M auf Licht, 1,13 M auf Drescharbeit und 0,57 M auf Kleinbetrieb kommen, fallen in Heuchlingen von den Gesamteinnahmen von 8,30 M, 2,80 M auf Licht und 5,50 M auf Kraft. Bei einer auf genossenschaftlicher Basis errichteten Überlandzentrale, wo der Strom bisher nur an Genossen und zwar nach dem Doppeltarif 20 Pfg. für die KWSt. am Tage, 40 Pfg. für die KWSt. bei Dunkelheit abgegeben wird, wurde im Jahre 1911 von dem Einwohner des Versorgungsgebietes

rund 24,7 KWSt. bezogen (Stromeinkauf). Der Stromverbrauch pro Einwohner betrug zirka 15,6 KWSt. Verkauft wurden 1 116 000 KWSt., und zwar für einen mittleren Preis im Jahre 1911 von 19,08 Pfg. für eine niederspannungsseitig abgegebene KWSt. Die Einnahme pro Einwohner betrug zirka 3 M. Trotz geringer spezifischer Einnahmen ergab sich noch ein Reingewinn.

Tarife. Einen besonderen Raum nehmen die Diskussionen über die Tariffrage ein, da man immer noch eine große Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke von der Form der Preisbildung vermutet.

Dem Pauschaltarif wandte man größere Aufmerksamkeit zu, Bercovitz[10]) untersuchte die Pauschaltarife von 53 Elektrizitätswerken. Bei deutschen Werken ergibt sich für Pauschaltarife eine Durchschnittseinnahme von 357 M für KW und Jahr und bei Benutzung von Strombegrenzern von 197 M für KW und Jahr. Diese Einnahmen seien den bei Zähleranschlüssen für das gleichzeitige Maximum erzielten Durchschnittspreisen als mindestens gleichwertig anzusehen. Eigenverbrauch der Zähler, Unterhaltungskosten etc. verschlingen bei Kleinkonsumenten 20—40 % der Einnahmen. Umschaltlampen und Treppenbeleuchtungen eignen sich für Pauschaltarif. Doppelbegrenzer gestatten, selbst wenn nur eine Leitung vorhanden ist, die Entnahme verschieden hoher Stromstärken für Heiz- und Kraftzwecke bzw. für Beleuchtung. Beachtenswert ist der gute Ausnützungsfaktor der Pauschalabnehmer, besonders bei Anwendung von Strombegrenzern. Pauschal soll nur bis zu einer Höchstgrenze von 250 W berechnet werden. Einen Vergleich zwischen Pauschal- und Zählertarif mit zahlenmäßigen Unterlagen bringt Norberg-Schulz[11]). In Kristiania wird ein Tarifsystem mit Pauschale und Zähler seit 1905 verwendet. Für Privatwohnungen wird die Energie nach Pauschale in der Anwendung von Strombegrenzern verkauft, außerdem können die Konsumenten Zähler mieten, und den ganzen Verbrauch mittels Umschalters auf den Zähler überführen. Es werden 225 M für 1 KW im Jahr und etwa 30 Pfg. für die KWSt. verlangt. Für den Zähler erhielt das Werk jährlich 6,75 M und für die Strombegrenzer 3,35 M. Kleinkonsumenten, die maximal 6 Lampen für höchstens 300 W installiert haben, ist es vorläufig gestattet, nach dem Installationswert eine Pauschaltaxe zu bezahlen. Während Ende 1908 etwa 30% der Konsumenten neben Strombegrenzern auch Zähler aufgestellt hatten, waren Ende 1911 nur 14% Zähler vorhanden. Nur bei 10—20 % der Konsumenten mit gemischtem Tarif weisen die Zähler einen nennenswerten Verbrauch auf. Bei gemischtem Tarif sollte man den Pauschalpreis bei zunehmendem Verbrauch ermäßigen.

Neben den Vergleichen zwischen Zähler und Pauschaltarif werden Untersuchungen gepflogen, die Arten von Zählertarifen gegenüberstellen. So wirft Thierbach[12]) die Frage auf, ob der Doppeltarif oder der Einfachtarif für den Abnehmer günstiger ist. Die Frage hängt nicht von der Höhe des Gesamtverbrauches ab, denn schon bei einem Jahresverbrauch von 13,3 KWSt. kann der Doppeltarif günstiger sein. Der Kraftbedarf des Abnehmers muß weniger als 75% seines Gesamtverbrauches betragen. Bei höherem Prozentsatz bleibt der Doppeltarif unter allen Umständen günstiger. Bei Überlandzentralen sei es häufig anzuraten, nur bei reinem Lichtbetrieb die Wahl zwischen Doppel- und Einfachtarif freizustellen.

Von bisherigen Berechnungsweisen wird besonders die Verwendung von Geldeinwurfzählern von Gruber[13]) empfohlen. In Lüdenscheid ist die Benutzung von Automaten in Anlagen bis zu 10 Lampen obligatorisch. Die Einnahmen betrugen pro Anlage für Wohnungen im Mittel 20 M und für Geschäfte 40 M, entsprechend einem mittleren jährlichen Verbrauch von 50 bzw. 100 KWSt. Durch Verzinsung und Amortisation von Automaten verringert sich der angesetzte Preis von 40 auf 23 bzw. 31 Pfg.

Eine besondere Neuerung auf dem Gebiete des Tarifwesens brachte der sogen. Potsdamer Tarif. Der Tarif besteht in einer nach der Zimmerzahl festgelegten Grundtaxe und einem Zuschlagspreis für jede verbrauchte KWSt. Der

Zuschlagspreis beträgt 10 Pfg. pro KWSt., die Grundtaxe ist folgendermaßen abgestuft:

Für Wohnungen von	3	4	5	6	7	Zimmern
monatlich	2,5	3,5	5	7	9,5	Mark

Höchster Installationswert: 450, 600, 850, 1100, 1500 Watt. Für Treppenbeleuchtung werden 30 Pfg. für jede Lampe berechnet. Der Tarif regt den Konsumenten zum Verbrauch der Elektrizität insbesondere für Heiz- und Kochzwecke an. Das Werk erhält als Garantie einer Grundtaxe, die Stromkosten werden für den Konsumenten gleichmäßiger aufs ganze Jahr verteilt. Münzeinwurfzähler können leicht verwandt werden. Ähnliche Ziele verfolgt das vom Tarifkomitee der National El. Light Association vorgeschlagene Verfahren, welches besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika an Ausdehnung gewinnt. Hiernach wird die aktive Fläche einer Wohnung mit einer gewissen Anzahl von KWSt. multipliziert und die dadurch erhaltene KWSt.-Zahl zu einem höheren Preis berechnet. Der Mehrverbrauch soll billiger geliefert werden. Beide Tarife, der Potsdamer und der amerikanische Tarif sind unabhängig von einander aufgestellt worden.

Ein weiterer Teil der Literatur beschäftigt sich mit den Selbstkosten der Elektrizitätswerke, nach denen die Tarifbildung orientiert ist. Zur Bemessung der Selbstkosten liefert Schouten[14]) einen Beitrag. Er vergleicht die Kurven für die Benutzungsdauer, die im Jahre 1908 von Dettmar und im Jahre 1911 von Norberg-Schulz mitgeteilt wurden. Die Verschiedenheit der Kurven wird dadurch erklärt, daß die erstgenannten Ortskurven die letzten Zeitkurven, d. h. Kurven, die aus Werten verschiedener Zeiten für denselben Ort entstanden sind, bedeuten. Keine dieser Kurven kann allein zur Tarifbeurteilung herangezogen werden. Untersuchungen zeigen, daß die allgemeine Selbstkostenkurve eines Werkes, die ohne Berücksichtigung des Verschiedenheitsfaktors abgeleitet ist, nicht in dem Maße abhängig ist von der Verteilungsweise der Selbstkosten in feste und veränderliche, wie man allgemein annimmt. Derselbe Verfasser untersucht die Ergebnisse der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke auf seine Theorien hin. Es ergibt sich daraus eine Bestätigung der Theorie, daß die Dettmarsche Kurve sich mit der Zeit nach links verschiebt. Die Kurve des Belastungsfaktors liegt viel niedriger als die von Norberg-Schulz von 1908 abgeleitete.

Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Strompreise gibt Rosenbaum[15]) an. Während nach Agthe Kapitalkosten (die graphisch ermittelten festen Kosten) und die der Stromabgabe proportionalen zusätzlichen Kosten unterschieden werden, nimmt Rosenbaum nur eine Trennung in Kapitalkosten und reine Betriebsausgaben vor, welche an Hand der buchmäßigen Betriebsausweise der Statistiken ohne weiteres durchführbar seien. Verfasser leitet eine Formel für den auf eine Gruppe gleichartiger Abnehmer entfallenden Anteil der jährlichen direkten und indirekten Kosten ab. An Hand der Statistik werden Nachweise gebracht über die Gesamteinnahmen, indirekten Betriebskosten u. dergl. Der Bruttoüberschuß nimmt mit der Zahl der Betriebsjahre zu. Verfasser stellt fest, daß sich die Lichtstrompreise seit 1906 um nahezu 25% ermäßigt haben.

Besondere Aufmerksamkeit wendete man im letzten Jahre der Frage der Strompreise für Großabnehmer für Überlandzentralen zu. Kübler entwickelt eine Formel, welche erkennen läßt, bis zu welch niedrigstem Strompreise eine Überlandzentrale ohne Schädigung des Unternehmens noch elektrische Energie an Großabnehmer abgeben kann. Die Formel wurde von Thierbach ergänzt.

Es sei noch erwähnt, daß Edmonson[17]) einen Rechenschieber konstruierte, mit Hilfe dessen die Tarife ausgerechnet werden.

Erweiterungen des Absatzgebietes der Elektrizitätswerke. Man diskutiert die Möglichkeiten zur Vergrößerung der Ausnutzung der Werke, erörtert aber dabei auch Propagandamethoden. Die Besprechung solcher Methoden kann sich von der mit der Kundenwerbung im Zusammenhang stehenden Tariffrage nirgends trennen.

Die Ausnutzung der Werke sucht man durch möglichste Gewinnung von Großabnehmern mit hoher Benutzungsdauer zu verbessern, ferner durch den Anschluß möglichst verschiedenartiger Abnehmer und zwar besonders solcher, deren Verbrauch außerhalb des Belastungsmaximums der Zentrale liegt. In letzterer Hinsicht konzentriert sich das Interesse vor allem auf die Kochbelastung.

Von Großabnehmern hebt man städtische Wasserwerke[18]) hervor, für die Tarife besonders niedrig gewählt werden können. Auch den Bahnhöfen wendet man große Aufmerksamkeit zu[19]), die bekanntlich eine sehr hohe Benutzungsdauer haben.

Über elektrisches Heizen und Kochen und Propagandamethoden wurde eifrig nicht nur in Deutschland, sondern auch im Auslande, insbesondere in England und Amerika diskutiert. Cope[20]) gibt die Aufstellung eines Propagandaplanes. Er empfiehlt, die Verbraucher zu klassieren und dann für jedes einzelne Gewerbe die speziellen Vorteile, die es beim Bezug der elektrischen Energie hat, nachzuweisen, wie es ja bei uns schon geschieht. In einer Diskussion über die allgemeine Einführung der Elektrizität im Hause[21]) wird vorgeschlagen, eine allgemeine Reklamewoche im ganzen Lande zu veranstalten. Bei einer „Ausstellung gegen die Rauchplage" seien in 11 Tagen 4000 Menschen unter Zuhilfenahme von 3600 KWSt. gespeist worden. In einer Diskussion über dasselbe Thema[22]) konzentrierte sich die Frage der Propaganda auf die Frage des elektrischen Kochens und Heizens. Es sei möglich, Strom für Kochzwecke zu ½ d bis ¾ d pro Einheit abzugeben. Bereits bei einem Preis von 1 d pro Einheit sei elektrisches Kochen mit Gas konkurrenzfähig. Es wird berichtet, daß in Birmingham und Sheffield etwa bei gleichviel Konsumenten gleichviel Lampen installiert seien, daß aber in der einen Stadt 22 Mill. und in der anderen Stadt 14 Mill. KWSt. konsumiert würden. Daran sei zum großen Teil die Einführung kleiner elektrischer Apparate schuld. Long[23]) berechnet die festen Kosten für die in Betracht kommenden Verhältnisse eines Kilowatts auf 10—15 £ und die beweglichen Kosten auf 1 d pro Einheit. Die festen Kosten für jedes neu installierte KW berechnet er auf 4 £ und die beweglichen Kosten auf 0,3 d. Die Konsumenten werden in 3 Klassen eingestellt: 1. in kleine und mittlere Haushaltungen, in denen Kochstrom tagsüber gebraucht wird und abends während der Hauptbelastung nur gelegentlich zum Teekochen usw.; 2. in Häuser, deren Hauptmahlzeit auf den Abend fällt und die daher die Belastung um 25% erhöhen, (doch sei zu bedenken, daß diese Konsumenten im Winter meist nicht elektrisch kochen); 3. in Hotels, Restaurants usw., deren Stromverbrauch sich auf einen langen Zeitraum verteilt, aber auch in die Zeit der Höchstbelastung fällt. Die Selbstkosten variieren für diese verschiedenen Klassen von 0,42 d bis 0,75 d pro Einheit. Es wird dann festgestellt, daß der Lichtverbrauch pro Haus zwischen 150 und 400 Watt liegt, während für Kochstrom 250 bis 625 Watt gebraucht werden können.

Es sei hier noch eines Apparates Erwähnung getan, dessen umfangreiche Verwendung eine nützliche Ausdehnung des Absatzes der Elektrizitätswerke bilden könnte: der Wärmespeicher von Rittershausen[24]).

Man befürwortete in der Literatur die Förderung der Elektromobile; Betriebskosten s. Conkey[25]). Die Zentralen sollten selbst Elektromobile in Benutzung nehmen und bei dieser Gelegenheit die Betriebsresultate festlegen. Die Verwendung der Elektromobile wird von Konnedy[26]) lebhaft unterstützt.

Auf den Gebrauch von Bügeleisen wird wiederholt auch im Auslande hingewiesen.[27]).

Daß man im Auslande, wie bei uns der Herausgabe von Broschüren Aufmerksamkeit zuwendet, zeigt ein amerikanischer Bericht[28]), wo mitgeteilt wird, daß man unter anderem eine Broschüre über die elektrische Ausrüstung der Wohnung herausgab und Sammlungen beabsichtigt, in denen die verschiedenen Anwendungen der Elektrizität zusammengefaßt sind.

Statistik. Auszüge und Zusammenstellungen aus der Statistik geben an, welche Entwicklung die Elektrizitätsversorgung weiter genommen hat.

Dettmar[29]) berichtet, daß 698 Werke im Bau begriffen waren. Die Zahl der versorgten Orte ist von 4636 im Jahre 1909 auf zirka 10 450 im Jahre 1911 gestiegen. 2279 Betriebe erzeugen die elektrische Arbeit selbst. 18 Betriebe beziehen Strom dazu, 135 Betriebe kaufen Strom aus fremden Werken und geben ihn ohne Umformung weiter, 12 Betriebe beziehen den Strom und geben ihn umgeformt weiter.

Die Gasanstalten hatten in Deutschland 1912 ungefähr 2400 Millionen cbm Gas erzeugt, die öffentlichen Elektrizitätswerke 2150 Millionen KWSt. Daraus geht hervor, daß die Leistungsfähigkeit der seit 30 Jahren bestehenden Elektrizitätsindustrie, die der seit 85 Jahren bestehenden Gasindustrie bereits erreicht haben. Insgesamt werden geschätzt in Deutschland zirka 17 500 000 KW Glühlampen Anschlußwert, 100 000 KW Koch- und Heizapparate, 2 580 000 KW gesamter Anschlußwert, 1 500 000 KW Zentralenleistung.

Elektrizität und Verwaltung. Das Jahr 1912 brachte zwar keine neuen gesetzlichen Regelungen auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung, aber ministerielle Verfügungen im Anschluß an die bereits im Jahre 1911 erlassenen Bestimmungen.

Der Erlaß des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe vom 1. II. 1912 beschäftigt sich wiederholt mit dem Installations- und Materialmonopol. Der Erlaß, der die grundsätzliche Auffassung der Material- und Installationsfreiheit vertritt, bezeichnet u. a. eine Zulassung für Anlagen über 15 KW nicht für notwendig, während nur für Anlagen unter 15 KW Anschlußwert eine Zulassung ausgesprochen werden sollte. Neben Bestimmungen über Kaution, die 500 M nicht überschreiten soll, wird erwähnt, daß die Zahl der zuzulassenden Installateure nicht begrenzt werden dürfe. Im übrigen schreibt er Maßnahmen vor, die geeignet sein sollen, die Installateure in ihrem Wettbewerb mit Großunternehmern möglichst wenig zu behindern. Der Erlaß des preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe vom 15. Juli 1912 handelt von den Vereinbarungen, die mit Unternehmern elektrischer Überlandzentralen und Kommunalverbänden über die Benutzung von öffentlichen Straßen, Wegen und Plätzen getroffen werden. Es wird den Kommunen eine sorgfältige Prüfung vor Einräumung von Ausschließlichkeitsrechten empfohlen. Bezüglich der Zeitdauer des zu überlassenden Ausschließlichkeitsrechtes werden keine allgemeinen Grundsätze aufgestellt. Es wird nur zu einer einheitlichen Festsetzung geraten. Am 26. März hat das Ministerium von Baden einen Erlaß veröffentlicht, der darauf hinweist, daß es sich als notwendig erwiesen hat, daß der Staat auf die Versorgung des Landes mit elektrischer Energie einen maßgebenden Einfluß ausübe. In dem Erlaß werden die Ziele angegeben, die der Staat verfolgen muß, und zur Erreichung dieser Ziele wird es als notwendig erachtet, daß die Staatsgewalt einen bestimmenden Einfluß auf die Gestaltung der Privatunternehmungen des Landes gewinne. Daher wird die Einräumung der Benutzung von Staatseigentum von Bedingungen abhängig gemacht, die die Unternehmer erfüllen müßten. So wird gefordert, daß der Unternehmer alle Gemeinden und Ansiedelungen mit elektrischer Energie versorgen muß und daß das Versorgungsnetz für das ganze Gebiet so auszudehnen sei, wie es den Anforderungen der Abnehmer am meisten entspreche. Den Unternehmern müsse die Verpflichtung auferlegt werden, einen Tarif und eine Abgabeordnung aufzustellen, der sämtlichen Abnehmern unter gleichen Verhältnissen gleiche Bedingungen und Preise zusichert. Es sei vorzubehalten, daß die Stromverteilungsanlagen nach Ablauf einer gewissen Zeit vom Staat oder den Gemeinden oder den Kreisen übernommen werden können. Ferner müsse den vom Staat bezeichneten Behörden Einblick in den Betrieb gestattet sein. Diesem Erlasse folgte eine weitere Verordnung des großherzoglichen Ministeriums in Baden vom 30. Juli 1912, der zwei Muster (A und B) von Stromlieferungsverträgen mit Gemeinden angefügt waren. Diese Muster von Stromlieferungsverträgen enthalten eingehende Bestimmungen, die in erster Linie die Interessen der Gemeinden wahren sollen.

Das kgl. bayerische Staatsministerium des Innern hat eine Verfügung für den Schutz der Orts- und Landschaftsbilder erlassen. Es wird verlangt, daß sich der

Ingenieur mit der örtlichen Eigenart des von der Anlage berührten Gegenstandes und der Ansiedelung befasse und auf das Orts- und Landschaftsbild Rücksicht nehme. Die Werkanlage soll als einheitliche Baugruppe zusammengefaßt, heimische Bauweise und ortsübliche Baustoffe sollen verwandt werden. Vorhandene Baumbestände seien zu schonen und beim Schmuck möglichst vorzusehen. Bei Wasserkraftwerken soll dem alten Flußbett ein Teil der Wassermenge erhalten bleiben. Werkkanäle seien nicht in starren Geraden zu führen. Das Absenken von Stauseen schädige das Landschaftsbild. Die wassertechnischen Anlagen sollen in engeren Zusammenhang mit der Natur gebracht werden. Bei Trägermasten sei Rücksicht auf die natürliche Geländebildung erforderlich. Die Linienführung sollte senkrecht zur Talrichtung und nicht schräg gewählt werden. Die Leitungsmasten sind so zu wählen, daß landwirtschaftliche Bilder nicht gestört werden. Masten, Netze, Transformatorenhäuschen usw. sollen in Form, Farbe und Baustoff unauffällig gewählt sein.

[1]) Bühring, El. Kraftbetr. 1912, 13, p. 247—53. — [2]) Rinkel, El. Z. 1912, p. 631—5. — [3]) Klingenberg, El. Z. 1912, p. 731—5. — [4]) Neu, Rev. El. 1912, 203, p. 481—2. — [5]) Schneider, Dingl. Polytechn. Jl., 327. Bd., p. 10. — [6]) Semmler, Dingl. Polytechn. Jl., 327. Bd., p. 37—40. — [7]) Kraus, Die Krafterzeugung in Gaswerken, Jl. Gasbeleuchtung 1912, p. 901—5, 925—32. — [8]) Pietzsch, El. Z. 1912, p. 151. — [9]) Büggeln, El. Z. 1912, p. 425 u. 1107. — [10]) Bercovitz, El. Z. 1912, p. 475, 505. — [11]) Norberg-Schulz, El. Z. 1912, p. 207. — [12]) Thierbach, El. Z. 1912, p. 93. — [13]) Gruber, El. Z. 1912, p. 440. — [14]) Schouten, El. Z. 1911, p. 50; 1912, p. 848—9. — [15]) Rosenbaum, El. Masch.-Bau 1912, p. 564—8. — [16]) Kübler, El. Z. 1912, p. 984. — [17]) Edmonson, El. World, Vol. 59, p. 1391. — [18]) El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 1033. — [19]) Nordmann, El. Kraftbetr. 1911, p. 681—86. — [20]) Cope, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 1149. — [21]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 110—1. — [22]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 191—3. — [23]) Long, El. Engineering, Vol. 8, p. 342; Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 438. — [24]) Rittershausen, El. Z. 1912, p. 868. — [25]) Conkey, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 698. — [26]) Konnedy, El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 1043. — [27]) El. World, Vol. 59, p. 1212. — [28]) El. Rev. (Chic.), Vol. 60, p. 337. — [29]) Dettmar, El. Z. 1912, p. 259.

Kraftquellen.

Der nutzbaren Verwendung der im Wind und im strömenden Wasser verfügbaren Energie wurde im vergangenen Jahre große Aufmerksamkeit geschenkt. Windräder, die sich in der Landwirtschaft in Verbindung mit einfachen Pumpen gut bewährten, wurden besonders in Dänemark in den Dienst kleiner Elektrizitätswerke gestellt, die Schwierigkeit der Unstetigkeit der Kraftquelle durch Zuhilfenahme von elektrischen Speichern zu überwinden gesucht. Die Anlagen sollen sich aber in der Praxis nicht besonders bewährt haben. Anders die Maßnahmen zur besseren Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte. Durch Zusammenfassen vieler Einzelkräfte, zweckentsprechende Ausnutzung vorhandener Geländeverhältnisse wurden große Staubecken geschaffen, welche die mittlere laufend zu entnehmende Wassermenge beträchtlich erhöhen und damit die Wirtschaftlichkeit bedeutender hydro-elektrischer Anlagen gewährleisten. Wo angängig, dient das Staubecken gleichzeitig zur Erzeugung elektrischen Stromes und zur Regelung der Hochflutverhältnisse, als Trinkwasserbehälter, stellenweise als Sandfang. Für gemischte Anlagen der letztgenannten Art sind meist leichter Baugelder zu erhalten und zu verzinsen, als für solche, bei denen nur ein Gebrauchszweck in Frage kommt. Eine besondere Bauart verwendet neben den natürlichen Staubecken künstliche Stauweiher, in Verbindung mit Maschineneinheiten, bestehend aus einer Wasserturbine, einer Kreiselpumpe und einer Drehstromdynamomaschine. Normal, während schwacher Belastung des Kraftwerkes, läuft die Dynamomaschine als Synchronmotor, treibt die Kreiselpumpe an, welche den hochgelegenen künstlichen Stauweiher aus einem Flußlauf auffüllt. Als Spitzenbelastungs-

Unterstützung des fernen Wasserkraftwerkes wird umgekehrt das in die Höhe gepumpte Wasser durch die Wasserturbine geleitet und treibt die Synchronmaschine an, welche ihren Drehstrom zur Unterstützung des Kraftwerkes in dessen Fernleitung sendet. So alt wie das Bestreben zur Auffindung des Perpetuum mobile ist auch der Wunsch, die Ebbe- und Flutbewegung der Kraftübertragung nutzbar zu machen. Sehr ausgedehnte Arbeiten für ein Elektrizitätswerk zur Versorgung eines großen Teiles von Schleswig-Holstein mittels eines bei Husum geplanten Elektroflutwerkes bildeten den Gegenstand lebhafter Besprechungen der Fachkreise, deren erfahrene Vertreter alle derartigen Pläne als unwirtschaftlich ablehnen. In der Verwertung der Kohle als Kraftquelle sind besondere Neuerungen kaum zu verzeichnen. Erhöhtes Interesse gewinnt die Verwendung minderwertiger Braun- und Steinkohle und des Steinkohlenabfalles durch Anordnung der Kraftwerke innerhalb oder nahe des Fördergebietes. Neben dem Gas, welches weniger als Leuchtgas, überwiegender als Hochofen- oder Koksofengas für Großgasmotoren in Frage kommt, ist der Bedarf an schweren Ölen sehr gestiegen. Die Nachfrage hängt eng zusammen mit der Verbesserung der Dieselmaschinen, welche in erheblicher Anzahl für kleinere Leistungen mit steigender Erhöhung der Höchstleistung ausgeführt werden. Die Wirtschaftlichkeit wurde verbessert durch Ausbildung der Dieselmaschinen für Betrieb mit schweren Teerölen, welche in erheblichen Mengen von den deutschen Gasanstalten erhältlich sind. In Verbindung mit den Gasanstalten, die zum mindesten in Deutschland überwiegenderweise in städtischem Besitz sind, oder auch mit städtischen Elektrizitätswerken oder schließlich in Verbindung mit beiden Betrieben, hat die städtische Müllverbrennungsanstalt an Bedeutung zugenommen. Als Einzelanlage ist die Müllverbrennung meist unwirtschaftlich. In Verbindung mit obigen Betrieben und bei Angliederung einer Schlackensteinfabrik läßt sich eher eine gewisse Wirtschaftlichkeit erzielen. Als recht zukunftsreiche Kraftquelle ist das Bone-Schnabel'sche Oberflächenverbrennungs-Verfahren anzusehen, bei welchem Gas oder vergaster flüssiger Brennstoff innerhalb einer hoch feuerfesten porösen Masse zum Verbrennen gebracht wird. Die Zukunftsaussichten sind um so erfreulicher, als in dem letzten Jahrzehnt in den Dampfturbinen eine Kraftquelle entwickelt wurde, die außerordentlich wenig Raum einnimmt, während die Kessel einen vergleichsweise großen Raum der Kraftwerke beanspruchen. Die innere Einrichtung der Kraftwerksanlagen, ihre Baulichkeiten und der erforderliche Grund und Boden würden durch erhöhten Wirkungsgrad der Dampferzeugungsanlage bedeutend vereinfacht und verbilligt werden.

Einrichtungen des Kraftwerks.

Die neuesten Bestrebungen sind darauf gerichtet, die Gesamtwirtschaftlichkeit zu erhöhen durch zweckentsprechende Ausbildung, besonders auch des Kesselhauses und der Brennstoff- und Wasserzufuhr, sowie der Aschenabfuhr. Daneben dienen Kontrolleinrichtungen für Brennstoff- und Wasser- und Dampfverbrauch in Verbindung mit anzeigenden und aufschreibenden Instrumenten zur Verbesserung der Betriebskosten. Schwere Handarbeit wird, wo irgend angängig, durch mechanische Einrichtungen ersetzt, wodurch zwar die Anlagekosten zunehmen, dagegen die laufenden Betriebskosten abnehmen und gleichzeitig eine größere zeitweilige Überlastbarkeit ermöglicht wird. Die hiermit im engen Zusammenhang stehende vollkommenere Verbrennung des Feuerungsmaterials, sowie die rauchfreie Verbrennung wird gesteigert durch Rauchgas- und Zugmesser, selbsttätige Rostbeschickung, künstlichen regelbaren Zug und vorteilhafte Ausbildung der Schornsteine, wobei neuerdings auch in Deutschland auf die amerikanische Praxis der Blechschornsteine zurückgegriffen wird, während im Ausland, besonders in Frankreich und Belgien viel Vorliebe für Eisenbetonschornsteine bemerkbar ist. Besondere Vorsicht ist erforderlich bei dem Entwurf der Kessel-Rauchgasleitungen von An-

lagen für Braunkohlen- und Kohlenstaub-Verbrennung, in denen mit viel Flugasche zu rechnen ist. Beim Aufbau der Kraftwerke macht man gerne vom Eisenbeton Gebrauch und ist bestrebt, architektonische Wirkungen durch strenge Gliederung der Bauformen zu erzielen. Große Fensterflächen, sowohl für das Maschinenhaus, wie das Kesselhaus, tragen durch intensive Beleuchtung des Gebäudeinneren zur Hebung der Reinlichkeit des Betriebes bei und zwingen zur sorgsamen Unterhaltung von Kesseln, Maschinen und Zubehör. Auch die Hilfsmaschinen werden nicht mehr in dunklen, schwer zugänglichen Kellerräumen untergebracht, sondern womöglich zu ebener Erde oder derart in der Unterkellerung, daß durch große Unterbrechungen im Maschinenraum-Fußboden stets reichliche natürliche Beleuchtung bei Tage vorhanden ist. Abends dient helle künstliche Beleuchtung zum Ersatz des Tageslichtes. Neben Flammenbogenlampen und Quecksilberbogenlampen gewinnt die Metallfadenlampe großer Lichtstärke ständig an Verbreitung. Die Organisation des Kraftwerksbetriebes erfolgt meist auf streng kaufmännischer Grundlage. Zweckmäßige Ausbildung geeigneter Vordrucke vermindern unnötige Schreibarbeit und erleichtern das Zusammenfassen aller für das technische und wirtschaftliche Gesamtergebnis der Anlage erforderlichen Ziffern. Den hygienischen und Wohlfahrtseinrichtungen wird besonders in neueren amerikanischen Großkraftwerken sehr erhebliche Aufmerksamkeit gewidmet. Abgesehen von reichlichen, gut angelegten und geheizten Kleiderablagen, Abtritten und Bädern, versucht man dort — besonders in abgelegenen Wasserkraftwerken — die dienstfreien Stunden angenehmer zu gestalten durch Einrichtung hübscher Leseräume, wohl auch von Rasenspielplätzen, Billard-, Spiel- und Kegelbahneinrichtungen. Eine gute Kantine mit elektrischen Koch- und Heizeinrichtungen erleichtert gute Verpflegung zu vorteilhaften Preisen. Die meist üblichen großen Maschineneinheiten, seien es Wasser- oder Dampfturbinen werden, einmal angelassen, von der Schaltanlage aus geregelt und erfordern sehr wenig laufende Bedienung. Dazu kommt, daß die eigentlichen Schalteinrichtungen meist in einem gesonderten Gebäudeteil, wenn nicht direkt in einem getrennten Gebäude, untergebracht werden, das bei Wasserkraftanlagen vielfach in ziemlicher Entfernung vom eigentlichen Maschinenhaus errichtet wird. Es fällt damit der öfters ungesunde, zumeist nicht angenehme Aufenthalt direkt am Flußufer fort, so daß auch hier sanitäre und soziale Fortschritte sich mit den Fortschritten und der Zweckmäßigkeit der neueren technischen Einrichtungen gut verbinden. Allgemein wird bei Dampf- und Wasserkrafteinheiten die liegende Bauart bevorzugt, da sie den Aufbau, die Unterhaltung und eventuell Reparatur der Maschine erleichtert und gestattet, mit verhältnismäßig niedrigen, also billigeren Maschinenhäusern auszukommen. Große Sorgfalt ist allerdings bereits beim Entwurf darauf zu verwenden, daß die Maschinen gut gekühlt werden. Die Kühlluft wird, meist durch Filter gereinigt, den Maschinen von unten zugeführt und entweder durch die Ventilatorwirkung der Maschinen selbst oder durch zusätzliche Ventilatoren aus dem Gebäudeinneren abgeführt. Für ortsfeste Anlagen ist man von der Wasserkühlung der Maschinen abgekommen. Sie findet eigentlich nur für Sonderzwecke Anwendung, wie bei Unterseeboten, auch bei den Induktionsmotoren zum Antrieb von Abteufpumpen. Die Pumpen- und Kompressorarbeit ist es auch, welche den Wirkungsgrad der bisher praktisch ausgeführten Gasturbinen[1]) sehr ungünstig beeinflussen. Erfreulich ist es, daß sich ein begüterter deutscher Mäzen fand,[2]) der es ermöglichte, derartige Versuchsturbinen wirklich auszuführen. Die Großgasmotoren haben einen hohen Grad der Betriebssicherheit erreicht. Immerhin bedarf es bei der Veranschlagung von Kraftwerken genauester Überlegung, ob es wirtschaftlicher ist, Großgasmotoren zu wählen oder Dampfturbinen. Besonders dort, wo schlechter Baugrund und wenig Raum verfügbar, dürfte die Dampfturbinenanlage gegenüber den schweren, viel Raum und sehr kräftige Fundamente erfordernden Großgasmotoren gegenüber im Vorteil sein. Ein guter Ausgleich, der gleichzeitig die hohe zeitweise Überlastbarkeit der Dampfturbine ausnutzt, ist das gemischte Gasmotoren- und Dampfturbinenkraftwerk. Besonders auf älteren Gruben- und Hüttenanlagen

mit Dampfmaschinen nicht unerheblicher Leistung, aber schlechten Wirkungsgrades hat sich der Dampfspeicher in Verbindung mit der Abdampf-(Niederdruck-) Turbine zur Erhöhung der Gesamtleistung des Kraftwerkes und Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes gut bewährt. Auch bedeutende Elektrizitätswerke, besonders in Amerika, haben ihre Leistung derart bedeutend heraufgeschraubt. Der elektrische Generator wurde z. T. als Asynchronmaschine gewählt, die ohne besondere Schaltanlage mit den Hauptmaschinen anläuft und geregelt wird. In anderen Betrieben, wie Kohlenbrikett-, Textil- und Papierfabriken wird von der Vielseitigkeit der Dampfturbine insofern Gebrauch gemacht, als für Heiz- oder sonstige Gebrauchszwecke Dampf aus einer der Zwsichenstufen abgezapft wird. Ähnlicherweise sucht man auch die von dem Kühlwasser der Gasmotoren, besonders aber auch der Dieselmotoren aufgenommene Wärme für Heizzwecke nutzbar zu machen. Naturgemäß muß in solchen Anlagen den Reglern ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wenn irgendmöglich, gestaltet man sie halb oder ganz selbsttätig, wie denn überhaupt diese meist als Fernsteuerung ausgebildeten Regelarten ständig an Beliebtheit zunehmen. Sie verringern bedeutend das sonst erforderliche Bedienungspersonal, ohne das vorhandene Personal übermäßig zu beanspruchen. Gleichzeitig erhöhen sie die Betriebssicherheit und die Sicherheit des Personales insofern, als sie es ermöglichen, eventuell gefahrdrohende Betätigungen an Hochspannungs-Dampf- oder elektrischen Leitungen von sicherer Schaltanlage aus auszuführen. Unerläßliche Bedingung für derartige Fernsteuerungen ist Ausführung durch erfahrene Firmen und gewissenhafte Anlage an Ort und Stelle unter Verwendung guter Baumaterialien. Für den Betrieb ist sehr gute Unterhaltung und häufiges Erproben unerläßlich, ebenso eine von vornherein vorzusehende optische oder akustische Kontrolle über die prompte Durchführung erfolgter Betätigung der zu regelnden Ventile, Schieber, Schalter usw. Man muß dabei im Auge halten, daß z. B. die Regelung von den allergrößten Dampfturbineneinheiten, deren Einzelleistung schon auf 20 000 KW angewachsen ist, mittels eines kleinen, nur einen Bruchteil eines Kilowatt beanspruchenden Motors vom entfernten Schalthaus aus geregelt wird, als weiteres Beispiel, daß ein wenige KW beanspruchender selbsttätiger Schlupfregler für die Sicherheit über 17 000 KW leistender Reversierwalzenstraßenmotoren maßgebend ist. Es kommt also dem Apparatebau und den Bauausführungen der Regleranlagen und Einrichtungen eine große Bedeutung zu. Großen Umfang haben in dieser Beziehung die Anlagen der Kleinmotoren bis etwa 10 KW gefunden, im Dienste der Wasserförderung, sowie der Lasten und Personenförderung.

[1]) Holzwarth, Die Gasturbine. 6 + 59 p. gr. 8°. 140 ill. München 1912. — [2]) Junghans, Erhard, in Schramberg.

Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung.

Über den Bau von Elektrizitätswerken ist im abgelaufenen Jahr mancherlei Interessantes sowohl über die Art als auch über den Umfang der Werke berichtet worden.

Zum Antrieb der Generatoren finden in größerem Umfang die Wasserkräfte Verwendung. Während in Deutschland von größeren Wasserkraftanlagen nur die Bobertalsperre bei Mauer in Schlesien[1]) als größte Deutschlands in Betrieb genommen, das Oberrhein-Kraftwerk Augst-Wyhlen[2]) seiner Vollendung entgegengeführt wurde, das Murg-Kraftwerk in Baden[3]), die Eder-Talsperre in Preußen und das Walchensee-Kraftwerk in Bayern über das Stadium der Projekte noch kaum hinausgekommen sind, befinden sich im Auslande Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von Millionen KW in Projektierung, Bau und Betrieb; bemerkenswert ist die Anlage am Rjukanfos[4]), die mit ihrer Leistung von etwa 180 000 KW und ihren Turbineneinheiten von etwa 15 000 KW die größte Wasser-

kraftanlage der Welt darstellt, sowie die Centrale Isola der Adamello-Gesellschaft in Mailand, die mit dem beträchtlichen Gefälle von 900 m arbeitet[5]).

In den Dampf-Kraftwerken hat das Bestreben nach Zentralisierung der Energieerzeugung zu immer größeren Einheiten geführt. So sind in der Centrale Chorzow der Oberschlesischen Elektrizitätswerke, in der Zentrale Oberspree der Berliner Elektrizitätswerke, der Zentrale Reisholz des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks[6]) in der Zentrale Waterside I der New York Edison Co.[7]) Turbineneinheiten von zirka 20000 KW Einzelleistung aufgestellt worden, letztere in stehender Bauart, die anderen, dem deutschen Typ entsprechend, in liegender Anordnung. Durch Anwendung solcher Maschineneinheiten ist die Möglichkeit gegeben, gewaltige bis jetzt nicht gekannte Leistungen auf einen Punkt zu vereinigen. So plant die Commonwealth Edison Co. in Chicago, die heute schon über eine Leistung von 244000 KW in 18 Einheiten verfügt, die Anlage einer Zentrale von 2 × 120 KW Leistung mit 12 Turbinen von je 20000 KW Leistung und 120 Kesseln von je 520 m² Heizfläche, bei 17,5 kg/cm² Betriebsdruck[8]). Daß man auch anderwärts die Leistungen der Kessel ins Riesenhafte zu steigern sucht, zeigt die Aufstellung eines Doppel-Stirling-Kessels in Detroit, der angeblich die Dampfmenge für eine Leistung von 7—11000 KW liefern soll[9]).

Von anderen Naturkräften hat das Rohöl infolge der Vervollkommnung der Dieselmotoren, namentlich zum Betriebe kleinerer Werke, wieder eine größere Bedeutung erlangt. Gas wird lediglich im Hütten- und Zechenbetrieb als Nebenprodukt zum Antrieb großer Gasmaschinen verwendet[10]), vereinzelt auch zur Kesselfeuerung[11]). Die Möglichkeit, Torf in wirtschaftlicher Weise, sei es durch Verbrennung unter den Dampfkesseln (Wiesmoor)[12]), sei es durch Vergasung (Schwegermoor)[13]) zur Erzeugung von Elektrizität heranzuziehen, ist in längerem praktischen Betrieb erwiesen. Dagegen hat das Peinsche Projekt, die Bewegung des Wassers bei Ebbe und Flut durch ein Elektro-Flutwerk zur Erzeugung elektrischer Energie auszunutzen, bis jetzt Aussicht auf Verwirklichung nicht gefunden[14]).

Als Stromsystem kommt in neuen Anlagen fast ausschließlich Drehstrom zur Verwendung. Seine Vorteile bei längeren Kraftübertragungen sind so groß, daß man selbst bei bestehenden Einphasennetzen, wie bei der Kraftübertragung in Guayaquil, Umformung mit in den Kauf nimmt[15]).

Als Periodenzahl ist in Deutschland für Licht- und Kraftzwecke immer noch die Zahl 50 fast ausschließlich in Verwendung, während im Ausland Periodenzahlen von 25—60 anzutreffen sind, letztere Zahl namentlich in Amerika. Erfreulich ist es, daß seitens der Staats-Eisenbahnverwaltungen Preußens, Bayerns und Badens für Traktionszwecke eine Periodenzahl von 16⅔, sowie eine Fahrdrahtspannung von 15000 V einheitlich festgesetzt wurde[16]).

Die Schaltanlagen werden namentlich bei größeren Werken als besondere mehrstöckige Gebäude mit völlig getrennten Transformatorenräumen nach dem Zellen-System, vielfach mit doppelten Sammelschienen, ausgeführt. Als Beispiel seien die Anlagen des Märkischen Elektrizitätswerkes, Heegermühle[17]), der Lauchhammerwerke[18]), der Ontario-Power Co.[19]) und des Rjukanfos-Werkes[20]) angeführt.

Die Höhe der Übertragungsspannung ist weiter gestiegen; den Leitungen für 100000 V der Lauchhammerwerke und der Ontario Power Co.[21]) ist die Anlage der Shawinigan Water & Power Co. gefolgt, durch die die Stadt Montreal mittels einer 140 km langen Fernleitung von 100000 V mit elektrischer Energie versorgt wird[22]). Die Übertragung geschieht durch Aluminium-Doppelleitungen, die mittels Teller-Isolatoren an 21 m hohen Stahltürmen befestigt sind; die Spannweiten betragen normal 156 m, ausnahmsweise 340 m. Mit 140000 V arbeitet die Au Sable Electric Co. in Michigan, die die Stadt Flint von dem 200 km entfernten Au Sable-Fluß aus mit elektrischer Energie versorgt[23]). Zur Übertragung werden hierbei Kupferseile verwendet, die an 10 hintereinandergeschalteten Teller-Isolatoren befestigt sind. Letztere ermöglichen

einen Abstand von 1,6 m zwischen Leiter und Mast. Für jede Phase wird ein besonderer Einphasen-Transformator verwendet.

Mit noch höherer Spannung, 150 000 V, will die Pacific Light & Power Co. die Leistung des Big Creek nach dem 450 km entfernten Los Angeles in Kalifornien übertragen[24]).

In konstruktiver Hinsicht sind von den ausgeführten Freileitungsanlagen die Ems-Überspannung der Wiesmoor-Centrale mit 73 m hohen Türmen, bei 265 m Spannweite[25]) und die Po-Überspannung der Società Brioschi in Mailand mit 35 m hohen Masten, bei einer Spannweite von 420 m[26]) besonders bemerkenswert.

Bei der gewaltigen Ausdehnung der Leitungsnetze und den stets anwachsenden Spannungen tritt die Verwendung von unterirdischen Kabeln im allgemeinen in den Hintergrund. Umso bemerkenswerter ist es, daß das Elektrizitätswerk Plauen eine Überlandanlage von 190 km zur Versorgung von 64 Ortschaften ausschließlich mittels unterirdisch verlegter Kabel von 10 000 V betreibt[27]) und daß die Berliner Elektricitäts-Werke einen Kabelring von 200 km mit einer Spannung von 30 000 V in Betrieb genommen haben[28]).

Die meisten der erbauten oder projektierten Werke dienen der Versorgung größerer oder kleinerer Gebiete mit Licht und Kraft, häufig zugleich als Energiequellen für Bahnen; bei der immer weiter fortschreitenden Elektrisierung der Eisenbahnen in fast allen Kulturländern der Erde sind jedoch auch vielfach Werke größten Umfanges nur für Bahnstromlieferung errichtet bzw. projektiert worden, so z. B. das Kraftwerk der Hamburger Stadtbahn,[29]) das Kraftwerk Muldenstein der preußischen Staatsbahn, die Anlage am Porjus für die schwedische Ofotenbahn[30]). Lediglich der Salpeterbereitung dient die gewaltige Anlage am Rjukanfos; ausschließlich für Bewässerungszwecke ist im Staate Idaho ein Elektrizitätswerk von zirka 8 000 KW Leistung errichtet worden.[31])

Es ist einleuchtend, daß die zahlreichen und bedeutungsvollen Fortschritte, die sich bei der Errichtung der Elektrizitätswerke konstatieren ließen, in engster Wechselwirkung mit der Ausbreitung der elektrischen Energie bzw. mit der Zunahme der Elektrizitätswerke stehen.

Über den Stand dieses Zweiges der Elektroindustrie liefert die jüngste Literatur folgende Angaben:

In Deutschland bestanden am 1. April 1911 rund 2700 Werke mit einer Leistungsfähigkeit von etwa 1,5 Millionen Kilowatt, die etwa 11 000 Orte mit rund 44 Millionen Einwohnern versorgten.[32])

In Österreich versorgten am 1. Juli 1911 rund 800 Werke mit einer Gesamtleistung von etwa 380 000 KW 1550 Ortschaften.[33])

In der Schweiz bestanden im Jahre 1910 783 Werke, von denen 178 mit einer Leistung von 342 000 KW den Strom selbst erzeugten.[34])

Eine holländische Statistik führt für das Jahr 1910 51 Werke auf, von denen 40, die genauere Angaben lieferten, eine Leistung von 54 000 KW aufwiesen.[35])

In Norwegen bestanden im Jahre 1911 1139 Anlagen mit 262 000 KW Leistung, doch sind hierin auch die industriellen Anlagen mit einbegriffen.[36])

Im Staate Dänemark waren im Jahre 1910 schon sämtliche Orte über 5000 Einwohner mit elektrischer Energie versorgt; bei Orten von 3—5000 Einwohnern waren nur 3, die noch keine Elektrizität besaßen.[37])

Für Großbritannien weist die Statistik Ende 1911 301 Werke ohne Bahnstromlieferung und weitere 139 mit Bahnstromlieferung auf.[38])

In Italien besaßen allein die mit Wasserkraft angetriebenen Werke im Jahre 1911 eine Leistung von etwa 1 Million KW und repräsentierten einen Wert von 800 bis 900 Millionen Lire.[39])

In Frankreich sind nach der Statistik des Jahres 1910 bereits 2010 Städte und Ortschaften und in den französischen Kolonien 29 mit Elektrizität versorgt.[40])

Welchen Umfang die Elektrisierung in Amerika angenommen hat, beweist die Tatsache, daß im Jahre 1911 allein aus Wasserkräften 3 Millionen KW gewonnen wurden.[41])

In Canada dienten bereits 360 000 KW aus Wasserkräften gewonnener Energie der Elektrizitätserzeugung.[42])

Und selbst im fernen Japan bestanden im Jahre 1911 bereits 1016 Gesellschaften, die mit einer Leistung von 472 000 KW ein Kapital von rund 700 Millionen Mark für Elektrizitätsversorgung investiert hatten.[43])

[1]) El. Z. 1912, p. 1245. — [2]) El. Kraftbetr. 1912, p. 116. — [3]) El. Z. 1912, p. 1191. — [4]) El. Kraftbetr. 1912, p. 221 ff. — [5]) Weiße Kohle 1911, p. 381 ff. — [6]) El. Kraftbetr. 1912, p. 15. — [7]) El. Rev. (Chic.) 1911, p. 967. — [8]) El. Rev. (Ldn.) Vol. 69, p. 785. — [9]) El. World, Vol. 58, p. 1481. — [10]) El. Kraftbetr. 1912, p. 48 u. 154. — [11]) El. World, Vol. 59, p. 1109. — [12]) El. Z. 1912, p. 1297. — [13]) El. Z. 1912, p. 1317; Jl. Gasbeleuchtung 1912, p. 49. — [14]) El. Z. 1912, p. 157 u. 882. — [15]) Lum. El. Ser. 2., T. 19, p. 179. — [16]) El. Kraftbetr. 1912, p. 80. — [17]) Z. Ver. d. Ing. 1911, p. 2121. — [18]) El. Z. 1911, p. 853. — [19]) El. Z. 1911, p. 1004. — [20]) El. Kraftbetr. 1912, p. 241. — [21]) El. World, Vol. 59, p. 33 ff. — [22]) El. World, Vol. 59, p. 953. — [23]) El. World, Vol. 59, p. 853. — [24]) El. World Vol. 60, p. 480. — [25]) El. Z. 1912, p. 1319. — [26]) El. Z. 1912, p. 241. — [27]) El. Z. 1912, p 116. — [28]) El. Z. 1912, p. 1097. — [29]) El. Z. 1912, p. 607. — [30]) El. Kraftbetr. 1912, p. 124. — [31]) El. Kraftbetr. 1912, p. 354. — [32]) Statistik der Elektrizitätswerke Deutschlands (Springer, Berlin, 1911). — [33]) Statistik der Elektrizitätswerke in Österreich (Spielhagen & Schurig, Wien 1911. — [34]) Statistik über Starkstromanlagen 1910, Zürich, Fachschriftenverlag u. Buchdruckerei A.-G. — [35]) El. Kraftbetr. 1912, p. 535. — [36]) El. Z. 1912, p. 246. — [37]) Elektrotechnikeren 1911, p. 201; El. Z. 1912, p. 246. — [38]) Sonderheft des Electrician (Ldn.) 1912. — [39]) El. Z. 1912, p. 268. — [40]) Ind. El. 1911, p. 499. — [41]) El. Kraftbetr. 1912, p. 515. — [42]) El. Z. 1912, p. 991. — [43]) El. Kraftbetr. 1912, p. 116.

V. Elektrische Beleuchtung.

Beleuchtungsanlagen. Von Dr.-Ing. L. Bloch, Berlin. — Lampen und Zubehör. Von Patentanwalt Dr.-Ing. Berthold Monasch, Leipzig.

Beleuchtungsanlagen.

Beleuchtungsfragen allgemeiner Natur wurden im Berichtsjahre hauptsächlich in den beleuchtungstechnischen Gesellschaften behandelt, die in den Vereinigten Staaten von Amerika und in England schon seit einigen Jahren bestehen. Unter anderem wurden die Farbenunterscheidung bei künstlicher Beleuchtung mit verschiedenen Lichtquellen[1]) und die Methoden zur Erzeugung künstlichen Lichtes von der Farbe des Tageslichtes[2]) eingehend besprochen. Die amerikanische Gesellschaft hat im Spätjahr eine populär abgefaßte Denkschrift über künstliche Beleuchtung[3]) herausgegeben, die in möglichst weiten Kreisen zur Aufklärung über alle an künstliche Beleuchtung zu stellenden Anforderungen verbreitet werden soll. Während bisher in Deutschland eine ähnliche Vereinigung nicht bestand, wurde am 2. November 1912 in Berlin die „Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft“[4]) gegründet, die alle an Beleuchtungsfragen besonders beteiligten Kreise in sich vereinigen soll.

Berechnung der Beleuchtung und **Anordnung der Lichtquellen.** Im Gegensatz zu früheren Jahren ist wenig Neues veröffentlicht worden. Zu erwähnen wäre ein Verfahren zur Berechnung der Horizontalbeleuchtung[5]) und eine Arbeit zur Beurteilung des Anwendungsgebiets von Starklichtquellen[6]); in letzterer wird im Gegensatz zu der herrschenden Praxis die Anwendung weniger Lichtquellen für sehr hohe Lichtstärken in weiten Abständen und großer Aufhängehöhe befürwortet. In einer Untersuchung über die Wahl der Aufhängehöhe für Straßenbeleuchtung[7]) wird empfohlen, die Aufhängehöhe der Lampen in erster Reihe nach der Größe der Lichtstärke zu bemessen und hierfür eine empirische Formel gegeben. Eine Untersuchung über den Einfluß der Aufhängehöhe bei verschiedenen Lampenanordnungen in Innenräumen[8]) zeigt, daß bei verteilter Lampenanordnung

die Aufhängehöhe eine viel geringere Rolle spielt als bei Zentralisierung der Lichtquellen.

Die Beleuchtung von Innenräumen wird mehr und mehr von der Metalldrahtlampe beherrscht; andere Lampenarten kommen hier nur noch in beschränktem Maße in Frage. Seit die Metalldrahtlampen an die Stelle der Metallfadenlampen getreten sind und wegen ihrer bedeutend erhöhten Festigkeit auch in beweglichen Beleuchtungskörpern wie Zugpendeln und Stehlampen benutzt werden können, verschwindet die Kohlenfadenlampe aus den Innenräumen sehr rasch. Die Hochkerzen-Metalldrahtlampen beginnen anderseits auch die Bogenlampen hier zu verdrängen und beschränken diese auf Innenräume, in denen Bogenlampen mit Effektkohlen Anwendung finden können oder eine möglichst tageslichtähnliche Lichtfarbe verlangt wird.

Die Ansichten über die zweckmäßigste Anordnung der Metalldrahtlampen in Innenräumen gehen noch weit auseinander; die direkte, die halb zerstreute und auch die ganz zerstreute Beleuchtung finden ihre Befürworter. In England und Amerika wird neuerdings häufig die ganz zerstreute Beleuchtung vorgezogen[9]), obwohl diese Beleuchtungsart neben ihren großen Vorzügen auch manche Mängel hat. Bei uns verbreitet sich die halbzerstreute Beleuchtung mit Hochkerzen-Metalldrahtlampen recht stark und es sind hierfür Armaturen verschiedenster Form herausgebracht worden.[10])

In Wohnungen, Geschäftshäusern, Hotels und Restaurants tritt an Stelle anderweitiger oder gemischter Beleuchtung durch Elektrizität und Gas infolge der Verbilligung des elektrischen Lichtes jetzt in rasch zunehmendem Maße die ausschließlich elektrische Beleuchtung mit Metalldrahtlampen. In Theatern war die ausschließlich elektrische Beleuchtung schon früher die Regel und wird jetzt auch auf alle Bühnenbeleuchtungseffekte ausgedehnt, so daß jede Verwendung offener Flammen von der Bühne ganz verschwindet. Während die Metallfadenlampe zumeist auf den Zuschauerraum der Theater beschränkt war, findet die Metalldrahtlampe auch auf der Bühne selbst ausgedehnte Verwendung. Auch das Fortuny-Beleuchtungssystem zur indirekten Beleuchtung eines Kuppelhorizonts mit Projektionsbogenlampen hat sich weiter verbreitet.

Einer guten Beleuchtung der Fabrikräume wird ebenso wie von den deutschen Gewerbeinspektoren jetzt auch von der englischen und amerikanischen Fabrikinspektion besondere Beachtung geschenkt.[11]) Trotz der erheblichen, im Fabrikbetriebe oft auftretenden Erschütterungen konnte die Metalldrahtlampe sich hier ebenfalls rasch einbürgern. Daneben finden zur Beleuchtung großer Fabrikhallen die Bogenlampen mit Effektkohlen und die Dauerbrand-Flammenbogenlampen zunehmende Verwendung. In Fabrikbetrieben hat auch die Quarz-Quecksilberlampe wegen ihrer niedrigen Strom- und Bedienungskosten vielfach Eingang gefunden, da hier ihre grüne Lichtfarbe meist keinen störenden Einfluß ausübt.

Straßenbeleuchtung. Hier steht das elektrische Licht in den europäischen Großstädten öfters in scharfem Wettbewerb mit der Beleuchtung durch Preßgas und neuerdings gelegentlich auch mit den Niederdruck-Starklicht-Gaslampen, jedoch konnte sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die elektrische Beleuchtung erfolgreich durchsetzen. Neuere Vergleiche haben weitere interessante Beiträge zur Kenntnis der Betriebskosten der konkurrierenden Beleuchtungsarten geliefert.[12]) Insbesondere fielen Vergleichsmessungen der Straßenbeleuchtung mit Bogenlampen und mit Preßgas in Manchester[13]) sehr günstig für das elektrische Licht aus. Gelegentlich wurde der Wettstreit zwischen der Straßenbeleuchtung durch Gas und durch Elektrizität auch durch ein Kompromiß erledigt, so in der Londoner City in der Weise, daß auf Grund eines Übereinkommens der konkurrierenden Gesellschaften ein Teil der neu zu beleuchtenden Straßen elektrische, der andere Teil Gasbeleuchtung erhielt.[14]) Die Metalldrahtlampe wird in der Straßenbeleuchtung nicht mehr allein mit niedrigen Lichtstärken für Nebenstraßen, sondern auch schon als Hochkerzenlampe für Hauptstraßen wegen der Bequemlichkeit und der geringen Kosten der Bedienung eingeführt (u. a. in Dresden und Char-

lottenburg), obwohl ihr die Bogenlampe mit Effektkohlen bezüglich der Stromkosten bedeutend überlegen ist. Die Kohlenfadenlampen kommen auch für die Straßenbeleuchtung kaum mehr in Betracht.

Für die Straßenbeleuchtung durch Bogenlampen kommen bei uns fast nur noch Lampen mit Effektkohlen neu zur Einführung. In rasch wachsendem Maße werden jetzt auch die Dauerbrand-Flammenbogenlampen (geschlossene Bogenlampen mit Effektkohlen) zur Straßenbeleuchtung wegen ihrer stark erniedrigten Kosten für Kohlenverbrauch und Bedienung angewandt.

Auch in Amerika vollzieht sich jetzt eine rasche Modernisierung der Straßenbeleuchtung. Während bisher noch die Reihenschaltungssysteme von niedervoltigen Kohlenfadenlampen und von Dauerbrand-Reinkohlenbogenlampen vielfach in Anwendung sind, gelangt für Neueinrichtungen in den Hauptverkehrsstraßen der Großstädte besonders die Magnetit-Bogenlampe[15]) und neuerdings auch die Dauerbrand-Flammenbogenlampe[16]), für Nebenstraßen die Metalldrahtlampe zur Verwendung. Sehr stark verbreitet hat sich in Amerika die Beleuchtung von Geschäftsstraßen durch ornamentale Lampenmaste mit mehreren Metalldrahtlampen, wobei die Einrichtung- und Betriebskosten von den Ladenbesitzern dieser Straßen getragen werden. Beschreibungen dieses Beleuchtungssystems findet man in den amerikanischen Fachzeitschriften sehr häufig.[17])

Zug-Beleuchtung. Die elektrische Beleuchtung[18]) der mit Dampf betriebenen Hautpbahnzüge breitet sich bei uns zurzeit nur langsam weiter aus, während sie im Ausland schon in größerem Maße zur Anwendung gelangt. Neue Anordnungen für Zugbeleuchtung wurden in letzter Zeit hauptsächlich für Spezialzwecke ausgebildet. Zu erwähnen wäre ein System mit Umformermaschine für Bahnen, die mit hochgespanntem Gleichstrom arbeiten,[19]) und ein System, bei dem besonderer Wert auf die Verhütung des Überladens der Batterien gelegt ist.[20])

Für Vollbahnen hatten sich schon die Metallfadenlampen trotz der auftretenden Erschütterungen einführen lassen; mit den Metalldrahtlampen werden nunmehr noch verbesserte Ergebnisse erzielt. Letztere finden jetzt rasch auch bei Stadtschnellbahnen und Straßenbahnen Eingang, woselbst bisher nur Kohlenfaden- und Tantallampen zu gebrauchen waren. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei der elektrischen Beleuchtung von Schiffen.

Autobeleuchtung. Für die Beleuchtung der Automobile werden besondere Miniatur-Metalldrahtlampen hergestellt, deren Drähte so angeordnet sind, daß sie in den Automobil-Scheinwerfern eine möglichst intensive Lichtwirkung ergeben. Zur Stromerzeugung für Automobilbeleuchtung gelangen auch schon besondere Dynamos, ähnlich wie für die Zugbeleuchtung in den Gebrauch.[21])

Scheinwerfer. Die Projektionsbogenlampen haben durch die außerordentliche Entwicklung der Kinematographie sehr an Verbreitung gewonnen und sind in ihrer Regulierfähigkeit verbessert worden. Die Metalldrahtlampe wird für Projektionszwecke in dem Kugel-Episkop[22]) angewandt, das auf dem Prinzip der Ulbrichtschen Kugel beruht.

Reklamebeleuchtung ist bisher noch in Amerika weit verbreiteter als bei uns, nimmt jedoch jetzt auch in den europäischen Großstädten rasch an Zahl und Größe der Anlagen zu. Besonders in die Augen fallende Wirkungen werden durch die bewegliche Lichtreklame erreicht, bei der entweder verschiedene Lampengruppen abwechselnd und allmählich ein- und ausgeschaltet oder auch durch besondere mechanische Vorrichtungen einzelne Teile bewegt werden. Transparente und von innen beleuchtete Firmenschilder sind jetzt schon sehr verbreitet.

Grubenlampen. Ein vom englischen Ministerium des Innern ausgeschriebener Wettbewerb war von besonderem Interesse; hierbei wurde die deutsche Grubenlampe „Ceag"[23]) mit dem ersten Preise ausgezeichnet. Bei der Lampe ist besonderer Wert auf große Sicherheit, Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gelegt. Für Gruben- sowie Taschenlampen werden fast nur noch Metalldrahtlampen benutzt, und hierdurch wurde die Benutzungszeit und die Lebensdauer der Batterien bedeutend erhöht.

[1]) Illuminating Engineer (Ldn.), 1912, p. 64. — [2]) El. World, Vol. 59, p. 394. — [3]) El. World, Vol. 60, p. 856. — [4]) El. Z. 1912, p. 1270. — [5]) El. Masch.-Bau 1911, p. 1025. — [6]) El. Z. 1912, p. 1155. — [7]) El. Masch.-Bau 1911, p. 999. — [8]) El. World, Vol. 59, p. 646. — [9]) El. World, Vol. 60, p. 711. — [10]) El. Z. 1912, p. 647; El. Masch.-Bau 1912, 41, p. 853. — [11]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 660. — [12]) El. Z. 1912, p. 872. — [13]) Electrician (Ldn.), Vol. 70, p. 140. — [14]) El. Z. 1912, p. 67. — [15]) El. World, Vol. 60, p. 727. — [16]) El. World, Vol. 59, p. 671. — [17]) El. World, Vol. 60, p. 772. — [18]) El. World, Vol. 59, p. 125; Vol. 59, p. 857. — [19]) El. Z. 1912, p. 341. — [20]) Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 252. — [21]) Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 580. — [22]) El. Z. 1912, p. 746. — [23]) El. Z. 1912, p. 1036.

Lampen und Zubehör.

Bogenlampen. Auf dem Gebiete der Lampe mit Kohlenelektroden haben die Bestrebungen, die Lichtausbeute zu erhöhen und gleichzeitig die Brenndauer zu verlängern, zu Erfolgen geführt. Die an sich bekannte Erhöhung der Lichtstärke des Kohlenlichtbogens durch Leuchtsalze, die bisher dadurch erzielt wurde, daß die Leuchtsalze dem Docht der Kohlen beigefügt wurden, führte bei den Lampen, die durch Beschränkung der Luftzufuhr längere Brenndauer ergeben sollten, zu einer neuen Kohlenart, der Homogen-Effektkohle, bei welcher der Docht fehlt und die Leuchtsalze in der ganzen Kohlenmasse gleichmäßig verteilt sind. Mit derartigen Homogen-Effektkohlen ausgerüstete Bogenlampen ergeben Brenndauern von 60 bis 80 Stunden mit der Lichtausbeute der Flammenbogenlampen.

Bisher gab es keine brauchbare Bogenlampe, die in Drehstromnetzen als Einzelschaltungslampe benutzt werden konnte. Wedding[1]) beschreibt eine Drehstrombogenlampe von Schäffer, in welcher die Schwierigkeiten der Regulierung der drei Lichtbögen überwunden zu sein scheinen. Die Lampe ergab bei 10 A Lampenstrom mit vorgeschaltetem Transformator bei 112 V Netzspannung 14 000 HK (hemisphärisch) und einen spezifischen Verbrauch von 0,088 Watt/HK (hemisphärisch) einschließlich der Verluste. Die Lampe gab bei Periodenzahlen von 56 bis herab auf 18 ein sehr ruhiges Licht ohne Flimmererscheinungen. Die Lichtbögen sind außerordentlich lang, der Kohlenabbrand stellt sich im Vergleich zu anderen Lampen etwas günstiger.

Auf dem Gebiete der Quarzlampen (Quecksilberlichtbögen in Quarzrohr) ist es gelungen, die Quarzlampe auch für Wechselstromnetze brauchbar zu machen. Nach Girard[2]) ist der Wechselstrombrenner der Quarzlampe gewissermaßen als selbstleuchtender Quecksilberdampf-Gleichrichter ausgestaltet. Der Brenner ist mit zwei Anoden und einer Kathode ausgerüstet. Die Zündung erfolgt durch Kippen und ist durch Einfügen einer Längsscheidewand in den Kathodenzweig des Brenners ermöglicht. Da die Zündung nur dann erfolgen kann, wenn im Unterbrechungsmoment die Anode + und die Kathode — Polung führt, ist der Kippmechanismus mit einer Repetiervorrichtung versehen, damit bei Versagen der ersten Zündung wiederholtes Kippen herbeigeführt werden kann. Die Lampe ist den Wechselstrom-Reinkohlenbogenlampen wirtschaftlich überlegen. Die Lichtfärbung der Wechselstrom-Quarzlampe besitzt denselben grünlichen Ton wie das Licht der Gleichstrom-Quarzlampe.

Über eine neue Metalldampflampe für weißes Licht berichtet Wolfke[3]). Die Lampe ist noch nicht auf dem Markte zu erhalten. Als günstigstes Elektrodenmaterial wurde eine Kadmium-Quecksilberlegierung erkannt. Bei Anwendung von etwa 10% Quecksilber ist die Lichtfarbe genügend weiß und entstellt die natürlichen Farben nicht mehr als eine gewöhnliche Reinkohlenbogenlampe. Der spezifische Effektverbrauch ist bei kleiner Belastung, unter 100 Watt, verhältnismäßig groß (etwa 1 Watt/HK bis 4 Watt/HK) und nimmt, wie bei der Quarz-Quecksilberlampe mit steigender Belastung schnell ab. Die Lampe mit der Legierungsanode ergibt bei etwa 150 Watt Belastung 1 Watt/HK und bei etwa 600 Watt Belastung weniger als 0,2 Watt/HK. Zur Zündung ist eine Kippzündung

geeignet mit einer beweglichen Graphitanode und eine Beschlagzündung, bei welcher der Lichtbogen beim Schließen des Stromes durch das Verdampfen des auf den Wänden sich bildenden Metallbeschlages entsteht.

Das Edelgas Neon ist in neuester Zeit ebenfalls zur Beleuchtung in Röhren nach Art des Moorelichtes von Claude[4]) nutzbar gemacht worden. Neon ist in der atmosphärischen Luft enthalten; auf 70 000 Raumteile Luft kommt 1 Raumteil Neon. Neon bildet zusammen mit Helium und etwas Wasserstoff die flüchtigsten Anteile der flüssigen Luft. Von diesen Beimengungen wird es durch Kühlung mit flüssigem Wasserstoff, der das Neon zum Ausfrieren bringt, ohne Schwierigkeit getrennt. Neon ist wie die übrigen Edelgase ein besserer Leiter der Elektrizität als die gewöhnlichen Gasarten Sauerstoff und Stickstoff. Neonröhren von 65 mm Durchmesser werden in Längen von 6 bis 10 m hergestellt und geben für 1 m bis zu 450 HK. Der spezifische Verbrauch beträgt etwa 0,5 Watt/HK. Je nach der Länge der Röhre beträgt die Betriebsspannung 900 bis 1200 V. Bei geringer Belastung (110 HK/m) kann mit einer Neonfüllung mit Brenndauern von 1000 Stunden und mehr gerechnet werden. Bei normaler Belastung, über 200 HK/m werden die Röhren schneller hart. In diesem Falle ist ein automatisch arbeitendes Speiseventil vorgesehen, welches Neongas aus einem Vorratsbehälter schöpft, sobald der Druck unter 0,7 mm gesunken ist. Das Neonlicht ist reich an roten Strahlen und mit hell brennendem Feuer vergleichbar. Die Farben kommen bei diesem Licht ebensowenig zur Geltung wie unter einer gelben Flammenbogenlampe. Aktinisch wirksame Strahlen enthält das Neonlicht nicht. Versuche, Neonlampen für Niederspannung, etwa für Gleichstrom von 220 V zu schaffen, haben bisher noch nicht zu praktisch brauchbaren Ergebnissen geführt.

Glühlampen. In dem Streit um den Preis des Lichtes, insbesondere im Wettbewerb zwischen Petroleum und elektrischem Glühlicht werden gewöhnlich die Vergleichsberechnungen auf die horizontale Lichtstärke bezogen. Monasch[5]) weist nach, daß eine Vergleichung der Betriebskosten einer Wolframlampe und einer Petroleumlampe auf Grund der horizontalen Lichtstärken beleuchtungstechnisch nicht zulässig ist. Er führt eine Vergleichsberechnung auf der vom Verband Deutscher Elektrotechniker geschaffenen Grundlage durch, nämlich auf Grund des spezifischen Verbrauchs der wirklich erzielten Beleuchtung in Lux/m² beleuchtete Fläche. Monasch zeigt, daß bei dieser Betrachtungsweise, die den beleuchtungstechnischen Wirkungen der Lichtquellen, so wie sie wirklich praktisch verwendet werden, gerechter wird, eine Ersparnis an Betriebskosten zugunsten der elektrischen Wolframlampe gegenüber der Petroleumlampe für alle Tarife besteht, bei denen die Kilowattstunde billiger als 92,5 Pfennig verkauft wird, wenn 1 Liter Petroleum 20 Pfennig kostet.

v. Pirani & Meyer[6]) haben die Temperaturen der gebräuchlichen Glühlampenfäden gemessen bei verschiedenem spezifischen Verbrauch. Es ergaben sich im Bereiche der praktischen Belastung folgende Zahlen:

Für Wolframlampen:		Für Tantallampen:		Für Kohlenfadenlampen:	
Watt/HK	Wahre Fadentemperatur	Watt/HK	Wahre Fadentemperatur	Watt/HK	Wahre Fadentemperatur
3,0	1759° Cels.	3,0	1749° Cels.		1772° Cels.
1,5	1967° „	1,5	1954° „	5,0	1829° „
1,2	2040° „	1,2	2027° „	4,0	1912° „
1,1	2072° „	1,0	2089° „	3,0	2028° „
1,0	2105° „	0,9	2127° „	2,0	2122° „
0,9	2144° „	0,8	2172° „	1,5	2265° „
0,8	2189° „	0,7	2224° „	1,0	2304° „
0,7	2242° „	0,4	2468° „	0,9	2472° „
0,25	2750° „			0,6	

Bloch[7]) stellt zur Berechnung der Betriebskosten, der günstigsten Beanspruchung und der hierbei zuzulassenden Lichtabnahme von Glühlampen allgemeine Gleichungen auf. Er gelangt zu dem Ergebnis, daß bei den heutigen Strom- und Lampenpreisen die jetzt übliche Beanspruchung auch mit Rücksicht auf die Betriebskosten für die gebräuchlichsten Typen annähernd die günstigste ist. Es ergibt sich, daß man die Wolframlampen auswechseln soll, wenn sie um 20 bis höchstens 25% in ihrer Lichtstärke abgenommen haben.

Kesselring[8]) berechnete die bei den verschiedenen Glühlampenarten auftretenden Licht- bzw. Temperaturschwankungen in Abhängigkeit von der Periodenzahl bei Wechselstrombetrieb. Es ergaben sich z. B. für eine 25 kerzige Wolframlampe für 145 V folgende Daten: spezifischer Wattverbrauch 1,2 Watt/HK; Fadenlänge 720 mm; Fadendurchmesser 0,023 mm; Fadenquerschnitt 0,000 415 mm²; Fadengewicht 0,00670 g; Temperatur im Mittel 2300°.

Periodenzahl	Tmax — Tmin in Cels.
60	0,0198
50	0,0327
40	0,0670
30	0,1584
25	0,2616
20	0,540
15	1,267

Aus den Untersuchungen Kesselrings ergibt sich, daß die niedervoltigen Metallfadenlampen weit kleinere Temperatur- bzw. Lichtschwankungen als die hochvoltigen Metallfadenlampen zeigen. Wenn es sich darum handelt, einem Netze mit kleiner Periodenzahl (Bahnnetz) Strom für Beleuchtungszwecke zu entnehmen, so empfehlen sich niedervoltige Metallfadenlampen, während die hochvoltigen Metallfadenlampen sich bei geringer Periodenzahl durch die Lichtschwankungen verbieten.

In der Herstellung der Leuchtkörper aus Wolfram sind Fortschritte gemacht worden. Ruff[9]) beschreibt die Herstellung gezogenen Wolframdrahtes nach den Verfahren der General Electric Company in New-York. Wolframpulver von kristallinischer Struktur wird ohne Bindemittel oder mit kohlenstoffhaltigem Bindemittel zu Stäben gepreßt; diese Stäbe werden in einer Wasserstoffschutzatmosphäre bis nahe an ihren Schmelzpunkt gesintert, wodurch sie fest werden. Derartige Stäbe werden nun in einem Hämmerwerk in der Wärme gestreckt und hierbei werden die einzelnen Kristallite des Wolframs allmählich zerteilt und unter Bildung einer entsprechenden Anzahl von Gleitflächen umorientiert, ohne dabei ihren Zusammenhalt in sich so weit zu verlieren, daß sie auseinanderbrechen. Beim Hämmern des Metalles erhält man den Eindruck, als ob sich die einzelnen Kristallite als Ganzes senkrecht zur Bearbeitungsfläche in die Länge strecken ließen. Durch diese Ausbildung von Gleitflächen und Umorientierung wird das Metall elastisch und zwar in um so höherem Grade, je stärker es durch die Bearbeitung zuvor zu einem Draht oder Faden gestreckt worden ist. Bei genügend feinem Durchmesser lassen sich die in der Wärme gestreckten Drähte auch in kaltem Zustande zu dünnen Fäden ziehen.

Coolidge[10]) macht folgende Angaben über gezogenes Wolfram. Es ist ein Metall von stahlähnlicher Farbe. Spez. Gewicht 19,3. Die Dehnbarkeit lag bei 324 kg/mm² für Draht von 0,127 mm im Durchmesser und 430 kg/mm² für 0,0305 mm starken Draht. Wolfram ist nicht magnetisch. Der elektrische Widerstand beträgt bei 25° C. Mikrohm/Kubikzentimeter für hart gezogenen Draht und 5,0 für ausgeglühten Draht. Die entsprechenden Zahlen für ausgeglühtes Kupfer und Platin sind 1,87 bzw. 11,1. Der Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstandes beträgt 0,0051 zwischen 0° und 170°.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen 20 und 100° beträgt $336 \cdot 10^{-8}$ also etwa das 0,26 fache desjenigen von Platin.

Die Anwendung gezogener Drähte in der Herstellung der Wolframlampen bedeutet insofern einen Erfolg, als die Kontinuität des gezogenen Drahtes das direkte Aufwickeln auf das Fadentraggestell gestattet. Die Drähte sind nicht spröde im Gegensatz zu den Preßfäden älteren Systems. Daher ist der Bruch in der Fabrikation und beim Transport geringer. Bainville[11]) weist darauf hin, daß die Vorteile der Verwendung gezogenen Wolframdrahtes in erster Linie dem Fabrikanten zu Gute kommen. Für den Betrieb der Wolframlampe beim Konsumenten bietet der gezogene Wolframdraht keine nennenswerten Vorteile, denn er wird, wie Brislee[12]) durch mikroskopische Präparate nachgewiesen hat, im Laufe der Brennzeit brüchig, da sich beim gezogenen Draht die Schachtelhalmbildung (Verschiebung der Teilchen des Wolframfadens) in ausgeprägtem Maße zeigt. Daher weist der gezogene Wolframdraht schon nach verhältnismäßig kurzer Brennzeit ebensolche Brüchigkeit, besonders in Wechselstromanlagen auf, wie der gepreßte Draht älteren Systems.

Fast gleichzeitig mit dem Erscheinen der Wolframlampe mit gezogenem Draht hat der Teil der Glühlampentechnik, welcher aus patentrechtlichen Gründen den gezogenen Draht nicht herstellen konnte, den gepreßten Faden durch gewisse Zusätze, welche den fertigen Faden geschmeidig machen, derart verbessert, daß auch der gepreßte Faden der heutigen guten Lampen so biegsam ist, daß er sich in mehreren Windungen z. B. ohne zu brechen, um den Finger wickeln läßt; das war bei den älteren Preßfäden der früheren Jahre nicht möglich und bedeutet ebenfalls einen Erfolg.

[1]) Wedding, El. Z. 1912, p. 579. — [2]) Girard, El. Z. 1912, p. 678. — [3]) Wolfke, El. Z. 1912, p. 917. — [4]) Claude, Lum. él., Ser. 2, T. 17, p. 163. — [5]) Monasch, El. Z. 1912, p. 738. — [6]) v. Pirani u. Meyer, El. Z. 1912, p. 456, 720. — [7]) Bloch, El. Z. 1912, p. 791. — [8]) Kesselring, El. Masch.-Bau 1912, p. 716. — [9]) Ruff, Z. angewandte Chem., 25. Bd., p. 1889—97. — [10]) Coolidge, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 865—74. — [11]) Bainville, Electricien (Paris), Sér. 2, T. 44, p. 6—7. — [12]) Brislee, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 325.

VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Bahnen. Von Chefredakteur und Privatdozent E. C. Zehme, Berlin. — Fahrzeuge ohne Schienenbahn. Von Direktor Max Schiemann, Wurzen. — Landwirtschaftlicher Betrieb, Hebe-, Transport- und Verladeeinrichtungen, Maschinenbetrieb. Von Oberingenieur Bernh. Jacobi, Braunschweig.

Elektrische Bahnen.

Auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen ist das Interesse während des vergangenen Jahres in verstärktem Maße der Einführung elektrischen Hauptbahnbetriebes zugewandt worden. Diese Bewegung geht zum Teil von dem Arbeitsbedürfnis der großen elektrotechnischen Bauanstalten aus, welches trotz des auch im letzten Jahre überaus hohen Beschäftigungsgrades vorhanden ist, und stützt sich auf die Fülle der bisher im Baue elektrischer Bahnen im In- und Auslande gesammelten Erfahrungen. Dazu tritt nun als treibendes Element auch noch die anhaltend rasche Entwicklung des Einphasen-Wechselstrom-Betriebes, der als willkommene Waffe zum Vorstoß auf diesem Gebiete in die Hand genommen wird.

Wenn man einerseits die Überlegenheit dieser Stromart für weite und große Leistungsübertragungen an Hand von Berechnungen ganzer Eisenbahnnetze[1]) nachwies und unselbständige Fachzeitschriften den einphasigen Wechselstrom unter

Zurücksetzung der andern Stromarten unverkennbar begünstigen, hält eine andere Gruppe unentwegt am Drehstrome, eine dritte ebenso am Gleichstrome fest, indem man dessen Spannung nach und nach steigert.[2])

Auf allen diesen Gebieten ist im Jahre 1912 flott gearbeitet worden. Die vorurteilsfreie Untersuchung wird in jedem Einzelfalle zwischen ihnen zu entscheiden haben.

In der Beschaffung der hierzu erforderlichen Unterlagen ist Vorsicht geboten. Die hierbei eine wichtige Rolle spielenden Unterhaltungs- und Erneuerungskosten aller Bahnbestandteile werden, wie im Laufe des vergangenen Jahres bekanntgegebene Zahlen beweisen, oft verkannt oder mit Rücksicht auf die Geldgeber nicht gern gesondert aufgeführt. Sie ändern sich naturgemäß mit den einem ständigen Wechsel unterworfenen Bauarten, so daß es schwer ist, von der einen Anlage einen Schluß auf die andere zu ziehen. Dazu kommt noch ein besonders bei neueren Einphasen-Wechselstrom-Betrieben zutage tretender Umstand. Man pflegt die Kosten von Auswechslungen oder Umänderungen entweder auf Versuchskonto zu schreiben oder überhaupt den Lieferanten zuzuschreiben, während sie richtigerweise auf das Anlage- bzw. Unterhaltungskonto zu setzen wären, wo sie in der Wirtschaftsrechnung zur Wirkung kommen würden.

Neben den Haupteisenbahnen sind im vergangenen Jahre auch Kleinbahnen, und zwar Straßenbahnen, Überlandbahnen und als nebenbahnähnliche Kleinbahnen zu bezeichnende Stadtschnellbahnen weiter ausgebildet bzw. neu erbaut worden.

Die auf allen diesen Gebieten geleisteten Arbeiten des Jahres 1912 lassen sich am einfachsten bei ihrer Behandlung innerhalb der einzelnen Bahngattungen überblicken.

Straßen- und Überlandbahnen. Die städtischen Netze und die eine Verbindung der Städte untereinander und mit umliegenden Ortschaften bezweckenden Linien wurden weiter ausgebaut bezw. neu angelegt. Die Maschen der Landstraßenbahnen, wie man letztere Anlagen nennen kann, haben sich im abgelaufenen Jahre immer weiter verengt. So weist z. B. das elektrische Kleinbahnnetz des Bergischen Landes nach seinem im Jahre 1912 vollzogenem weiteren Ausbaue eine Dichte von 37,5 km / 100 km² auf, wohingegen im ganzen Königreich Preußen diese Dichte nur 3,74 km / 100 km², also nur den zehnten Teil davon, beträgt.[3])

Dieser Ausbau der bestehenden und Neubau weiterer Bahnen gaben Gelegenheit zur Einführung verschiedener Neuerungen in allen Bestandteilen der Anlagen. Da steht in erster Linie die Arbeitsübertragung. Wo das Bahnnetz von der geschlossenen Form abwich und in langen Ausläufern sich verzweigte, wählte man an Stelle der in andern Fällen angewandten Speisung mittels Zusatzmaschinen oder Dreileiteranordnung hochgespannten Gleichstrom, den man im Anschluß an Drehstrom-Überlandzentralen durch Einankerumformer in besondern Umformerwerken in der Nähe der Bahnlinie erzeugt. Solche Landstraßenbahnen wurden z. B. von den Siemens-Schuckertwerken unter anderm gebaut zwischen Hohenstein-Ernsttal und Ölnitz (1000 V), Neustadt-Landau und Edenkoben (1000 V), Mannheim und Dürkheim sowie in den Außenbezirken Darmstadts (1200 V). In allen Fällen sind die Motoren für die volle Fahrdrahtspannung gewickelt. Die Isolation der Leitung gegen Ende ist doppelt, wobei zwischen Fahr- und Spanndraht die bei Straßenbahnen üblichen Isolatoren, am Mast aber Porzellanisolatoren verwendet wurden.

Man hat für längere Straßenbahnlinien auch vereinzelt Einphasen-Wechselstrom angewandt, doch kann dieser Stromart eine wirtschaftliche Überlegenheit vor dem Gleichstrommotor im Straßenbahnbetriebe nicht zugesprochen werden. Ferner hat auch einmal wieder der Akkumulatorenbetrieb bei Straßenbahnen Aufnahme gefunden. In New-York wurden einige große Fahrzeuge mit dem bei uns bisher mit Zurückhaltung aufgenommenen Edison-Akkumulator ausgerüstet.[4]) Solche Versuche hängen, wie die Erfahrung genügend gezeigt hat, lediglich von dem guten Willen der Betriebsgesellschaft ab, die es immer in der Hand hat, die bei jeder Betriebsart unausbleiblichen Störungen in ein auffälliges Licht zu setzen.

Die Straßenbahnmotoren werden weiterhin mit Vorliebe mit Wendepolen gebaut[5]), was eine erhöhte Schonung der Kollektoren und eine Erweiterung der wirtschaftlichen Geschwindigkeitsregelung zur Folge hat. Rollen-Stromabnehmer wurden mehrfach durch Bügel ersetzt[6]), die eine höhere Fahrsicherheit, ein einfacheres Leitungsnetz und geringere Unterhaltungskosten ermöglichen. Zur Wagenbeleuchtung wird jetzt vielfach die Metallfadenglühlampe[7]) verwendet, seitdem man die Leuchtfäden aus gezogenem Metalldraht herstellt. Auch an den Fahrzeugen selbst wurden im vergangenen Jahre erhebliche Verbesserungen durchgeführt. In den Vereinigten Staaten Nord-Amerikas gelangen die B-A-E-Wagen („Bezahl-am-Eingang"-Wagen[8])) mehr und mehr zur Würdigung (Abb. 9). Das Wesen dieser Wagen besteht darin, daß der Schaffner das Fahrgeld den Fahrgästen unmittelbar nach dem Betreten des Wagens abnimmt, so daß er das Wageninnere nicht mehr zu betreten braucht und die Fahrgäste durch sein

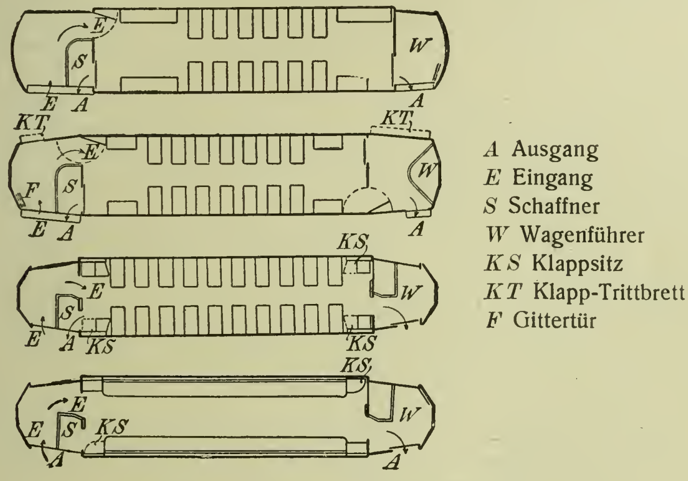


Abb. 9. Bezahl-am-Eingang-Wagen.

häufiges Hin- und Herschreiten nicht mehr belästigt werden. Ein- und Ausgang sind bei diesen Wagen getrennt, wodurch das Gedränge an den Haltestellen vermieden wird. Obwohl diese Wagen schon seit längerer Zeit bekannt sind, haben sie in Deutschland nur vereinzelt Anwendung gefunden. Man geht hier in der Ausnutzung des Betriebsmittels weiter als im Auslande.

Weiterhin sind in New-York, St. Louis, Pittsburgh, Brooklyn, Washington und andern nordamerikanischen Großstädten Wagen mit vertieftem Auftritt (stepless cars) in Betrieb genommen worden.[9]) Durch solche Annehmlichkeiten zieht man Fahrgäste heran, was natürlich nur bei einem gesunden Wettbewerbe mehrerer Verkehrsmittel in ein und derselben Stadt gegeben ist.

In Berlin hat man mit dem Bau von Doppeldeckwagen begonnen, doch ist es fraglich, ob diese in London und Paris seit vielen Jahren und neuerdings auch in New-York und Pittsburgh in Betrieb stehenden Wagen bei der Abneigung unserer Bevölkerung gegen Decksitze zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Bahnen wesentlich beitragen werden.

Stadtschnellbahnen. Die zunehmende Verschärfung der Erwerbstätigkeit und die aus wirtschaftlichen und gesundheitlichen Gründen unaufhaltsam fortschreitende Hinausschiebung der Wohnbezirke aus dem Weichbilde der Großstädte steigern das Begehren der Großstadtbevölkerung nach Schnellverkehrsmitteln. Diese Bewegung hat im vergangenen Jahre in allen Großstädten der Welt angehalten. New-York baut die sechste Schnellbahnlinie durch die langgestreckte Manhattan-Halbinsel. Sie führt durch die Lexington-Avenue[10]) und

wird im Süden, dem Geschäftsviertel, zu einem nach Brooklyn hinübergreifenden Ring ausgebildet. Die Gesamtkosten dieses ganzen Bauwerks, das in einzelnen Losen vergeben wird, belaufen sich auf mehr als 1 Milliarde Mark. In Boston wurde am 23. März 1912 die von der Innenstadt (Station Parkstraße) nach der Universitätsvorstadt Cambridge führende zweigleisige Untergrundbahn dem Betrieb übergeben. Weitere Untergrundbahnen sind im Bau von der Parkstraßen-Station nach dem südlichen Vorort Dorchester, von derselben Station nach Südwesten durch die Boylston-Straße und endlich eine Verlängerung der Untergrundbahn nach Ost-Boston. In Chicago wurde während des vergangenen Jahres an der Um- und Neugestaltung des Stadtschnellbahnnetzes seitens eines von der Stadt eingesetzten Ausschusses weitergearbeitet. Man plant nun durch Verschmelzung der Stadtbahn- und Straßenbahngesellschaften eine breite einheitliche Grundlage hierfür zu schaffen. Ein neuer Entwurf wurde für Pittsburgh aufgestellt, doch ergab die Berechnung noch nicht die erhoffte Wirtschaftlichkeit. Bei der Eigenart dieser Stadt und der daraus entspringenden Zusammenhäufung des Verkehrs an zwei Zeitpunkten des Tags dürfte hier eine Stadtschnellbahn kaum gerechtfertigt sein.

In Europa wurde am lebhaftesten das Berliner Stadtschnellbahnnetz weiter ausgebildet. Es wurde nach Feststellung der Ursachen des Tunnelbruches an der Spreekreuzung der Hoch- und Untergrundbahn die Erneuerung des Tunnelstückes energisch in die Hand genommen; der Ausbau dieser Verlängerung der Stammlinie über den Alexanderplatz nach Weißensee nähert sich der Vollendung. Die Stadtstrecke wird nach Aufnahme des durchgehenden Verkehrs eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweisen als im verflossenen Jahre. Von den westlichen Linien wies die Schöneberger Bahn trotz steigenden Verkehrs ein Defizit von rund ½ Million Mark auf[11]), das sich erst nach der nördlichen Fortsetzung dieser Bahn über den Nollendorfplatz hinaus vermindern oder beheben dürfte. Die vom Gemeinschaftsbahnhof Wittenbergplatz, der sich gleichfalls seiner Vollendung nähert, nach Süden abzweigende Wilmersdorf-Dahlemer-Bahn wird im Laufe dieses Jahres den Betrieb aufnehmen können. Das Gleisdreieck ist nun endgültig beseitigt, so daß der Verkehr von West nach Ost und von Ost zur Stadt durch Umsteigen aufrecht erhalten wird. Darin müssen wohl viele Fahrgäste eine Umständlichkeit erblicken, der Verkehr ist von 6 125 119 im Dezember 1911 auf 5 719 880 Personen im Dezember 1912 gesunken. Ein ähnliches Schicksal wird der Wilmersdorf-Dahlemer-Linie beschieden sein, die im untern Teile als Bahn im offnen Einschnitt zwar billig, dagegen im oberen, Untergrundbahnteil sich umso teurer gestellt hat und den für Untergrundbahnen erforderlichen Verkehr auf lange Zeit hinaus noch nicht aufweisen wird. Man hat diese Anlage im vergangenen Jahre so weit gefördert, daß ihre Betriebseröffnung im Herbst dieses Jahres zu erwarten steht.

Mit dem Bau der Nord-Süd-Linie im Zuge der Friedrichstraße hat die Stadt Berlin kurz vor Jahresschluß nun wirklich Ernst gemacht, doch hat sie ihn nicht in eigne Hand genommen, sondern an die Gesellschaft zum Baue von Untergrundbahnen vergeben. Die Bauzeit wird wegen des völligen Umbaues der Weidendammer-Brücke und des schwierigen Baues unter einer künstlichen Straßendecke, die bei dieser erstklassigen Geschäftsstraße erforderlich ist, auf mindestens 3 Jahre anzunehmen sein. Zurzeit ist man damit beschäftigt, die sämtlichen Rohr- usw. Leitungen aus dem Straßenboden zu entfernen, um dem Tunnel Platz zu schaffen.

Die Hochbahn in Hamburg[12]) wurde am 15. Februar dem Betrieb übergeben. Der Verkehr geht über die Erwartungen hinaus, so daß die Leistungsfähigkeit der Anlage schon jetzt fast voll erreicht ist. Man hat hier den Fehler gemacht, die Bahnhöfe zu kurz anzulegen, so daß man in der Zuglänge nur bis auf 4 Wagen gehen kann. Da nun die Zugfolge hier über 40 i. d. Std. schwerlich wird gesteigert werden können, wird man wohl oder übel zu einer Verlängerung der mit Innenbahnsteigen angelegten Bahnhöfe schreiten müssen.

Das Wiener Stadtschnellbahnnetz[13]) ist im Laufe des Jahres nicht viel weiter gekommen. Es handelt sich hier immer noch um die Finanzierung des Unternehmens, die bei dem an die Stadt gestellten Verlangen einer Zinsgarantie und den zur Zeit herrschenden Balkanwirren schwierig ist.

Das Hauptaugenmerk der deutschen Elektrotechnik lenkt seit vorigem Jahre die Einführung des elektrischen Betriebes auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen auf sich. Die Regierung hat einen Gesetzentwurf und mehrere Denkschriften[14]) dazu dem Landtage vorgelegt, und es ist dafür der erste Teilbetrag bewilligt worden. Die hierzu eingesetzte Kommission hat in zahlreichen Sitzungen die Frage von allen Seiten bearbeitet, wobei die Dampflokomotivenindustrie sich lebhaft um die Erhaltung des Dampfbetriebes auf den genannten Bahnen bemühte. Es war indes trotz der mit einer eigens zu dem Zwecke erbauten Dampflokomotive mit vier Triebachsen und starkem Kessel vorgenommenen an sich nicht ungünstigen Versuche keine Aussicht vorhanden, mit dieser Betriebsart den außerordentlich hohen Verkehrsansprüchen im Dauerbetriebe gerecht zu werden.

Ob nun der elektrische Betrieb in der von der Regierung geplanten Form mittels Lokomotiven[15]) oder mit den bisher allgemein gebräuchlichen Triebwagenzügen zur Ausführung kommt, bedarf noch eingehender Untersuchungen. Der dem Entwurf zugrunde gelegte Einphasen-Wechselstrom läßt sich zwar durch die Einheitlichkeit des später in und um Groß-Berlin noch einzurichtenden elektrischen Hauptbahnbetriebes rechtfertigen, bietet aber an sich gerade bei Stadtschnellbahnen wegen der kurzen Fahrstrecken und häufigen Anfahrten eher Nach- als Vorteile.

An Einzelteilen der Stadtschnellbahnen haben die Signalsysteme dadurch eine wesentliche Vervollkommnung erfahren, daß man sie selbsttätig einrichtet, wie das schon auf einigen amerikanischen und englischen sowie auf der im Jahre 1901 in Betrieb genommenen Schwebebahn Barmen—Elberfeld—Vohwinkel mit großem Erfolg durchgeführt worden ist.

Elektrische Haupt- und Zwischenstadtbahnen. Die Fortschritte im Baue elektrischer Haupteisenbahnen entsprechen nicht dem oben erwähnten großen Interesse, das man diesen Bahnen entgegenbringt. Das liegt einmal daran, daß den Geldinstituten die wirtschaftlichen Erträgnisse der bestehenden Betriebe nicht verlockend genug sind, und sodann an der stürmischen Entwicklung des Materials, das viele zu abwartender Haltung verleitet. Trotzdem sind in den verschiedenen Ländern einige Fortschritte zu verzeichnen.

In den Vereinigten Staaten eröffnete die Pennsylvania-Bahn den elektrischen Betrieb auf ihrer in New-York einlaufenden Endstrecke, nachdem die New-York-Central dies einige Jahre vorher schon getan hatte. Letztere hat nun auch ihr neues Empfangsgebäude in New-York dem Betrieb übergeben. Beide Bahnen arbeiten mit Gleichstrom. Die an der Endstrecke der New-York-Central-Bahn beteiligte New-York-, New-Haven- und -Hartford-Bahn hat den auf ihrer eignen Strecke eingeführten Einphasen-Wechselstrom-Betrieb nun bis New-Haven ausgedehnt und wird, da sie anderseits den gleichen Betrieb von Boston aus schon bis Providence vorstreckte, die ganze Linie New-York—Boston nun bald ausgebaut haben. Leider verlautet nichts über die wirklichen Betriebskosten dieser interessanten Bahn. Mc. Henry, der Präsident der New-Haven-Bahn bezeichnete kürzlich[16]) den elektrischen Betrieb auf den bestehenden Hauptbahnen als wenig wirtschaftlich, doch seien seine indirekten Vorteile groß, und man müsse als sicher annehmen, daß die wirtschaftlichen Verhältnisse sich besserten, sobald der Betrieb die ganze Personen- und Güterförderung und den Verschiebedienst umfasse. Recht interessant ist der Streit um die Stromart, der zurzeit in den Vereinigten Staaten Nordamerikas tobt. Die Wage neigt sich dort mehr zur Gleichstromseite hin. Das Land hat heute mehr Bahnbetriebe mit hochgespanntem Gleichstrom als irgend ein anderes Land. Hobart[17]) gibt die Länge dieser Bahnen zu 1600 km und die Anzahl der Triebwagen und Lokomotiven zu 500 an.

Die Spannungen betragen 1200, 1500 und 2400 V (Butte, Anaconda and Pacific Bahn); im letzten Falle sind zwei Motoren zu 1200 V hintereinander geschaltet. Viele Bahnen sind vom Einphasen-Wechselstrom zum hochgespannten Gleichstrom übergegangen. Diese Sachlage würde sich mit einem Schlage ändern, sobald die New-Haven-Bahn aus ihrem Betriebe gute Zahlen zu veröffentlichen in der Lage wäre. Es würde dann auch vielleicht die Entscheidung bezüglich der Stadt- und Vorortbahnen in Melbourne von insgesamt 400 km Länge zugunsten des Einphasen-Wechselstromes ausgefallen sein, obwohl seine Anlagekosten höher als bei Gleichstrom sind. So hat man sich aber auch hier zu hochgespanntem Gleichstrom entschieden.

Auch in England widmet man jetzt dem Gleichstrom eine erhöhte Aufmerksamkeit. Man hat auf der bisher mit 600 V Gleichstrom betriebenen Lancashire und Yorkshire Bahn eine 5 km lange Versuchsstrecke für 3500 V mit zwei Motoren zu je 1750 V in Reihe in Angriff genommen. Es nimmt Wunder, daß man für Hochspannungs-Gleichstrom-Bahnen noch mit oberirdischer Stromzuführung arbeitet, da sich brauchbare Isolatoren für dritte Schienen ohne Schwierigkeiten konstruieren lassen. In England hat, von der sehr kurzen Midland-Bahn abgesehen, nur die London-, Brigthon- und South-Coast-Bahn elektrischen Betrieb mit Einphasen-Wechselstrom. Diese Bahn hat im vergangenen Jahre eine über Erwarten große Verkehrssteigerung erfahren.[18]) Über die Betriebskosten verlautet indes auch hier noch nichts. Augenblicklich ist sie damit beschäftigt, diesen Betrieb erheblich zu erweitern.[19])

Es ist unzweifelhaft, daß die Wirtschaftlichkeit des einphasigen Wechselstromes bei ausgedehnten schweren Bahnbetrieben der des Gleichstromes überlegen ist. Das kann indes nur bei gut durchgearbeiteter und möglichst vereinfachter Bauart der Betriebsmittel und Leitungen voll zur Geltung kommen. In dieser Beziehung steht die europäische Industrie heute an der Spitze. Das drückt sich in der größeren Zahl der Einphasen-Wechselstrom-Bahnen aus. Die Preußischen Staatsbahnen haben im vergangenen Jahre zu ihren Betrieben der Hamburger Vorortbahnen und der Dessau—Bitterfelder Strecke den Bau der Strecken Bitterfeld—Leipzig[20]) und Lauban—Königszelt[21]) in die Hand genommen. Die Badischen Staatsbahnen haben die Arbeiten an der Wiesentalbahn[22]) soweit gefördert, daß deren Inbetriebsetzung demnächst zu erwarten steht. Die Bayerischen Staatsbahnen haben im Verein mit den Österreichern die Mittenwaldbahn[23]) für elektrischen Betrieb erbaut und betreiben jetzt die Erbauung des Walchensee-Kraftwerkes[24]). Alle diese Bahnen benutzen Einphasen-Wechselstrom, für den sich nun nach dem Vorbilde der schweizerischen Bahnen eine Spannung von 15 000 V im Fahrdraht und die Periodenzahl von 15 bzw. 16⅔ als Normalwerte eingestellt haben.

In der Schweiz hat im vergangenen Jahre die Maschinenfabrik Oerlikon die Versuche mit ihren Einphasen-Wechselstrom-Lokomotiven auf der Lötschbergbahn[25]) erfolgreich zu Ende geführt, so daß nun der Auftrag auf die Hauptlieferung erfolgen konnte, der auf die Maschinenfabrik Oerlikon und auf Brown, Boveri & Co. als Inhaberin der durch Verträge an den Aufträgen beteiligten Alioth-Ges. verteilt wurde.

In Frankreich wurden auf der Chemin de fer du Midi umfangreiche Versuche mit Einphasen-Wechselstrom-Lokomotiven verschiedener Herkunft[26]) angestellt. Mit solchen Versuchen erringt man bei dem lebhaften Flusse, in dem sich die Entwicklung des Materials befindet, wenig Vorteile, da die Bauarten, wenn es zum Auftrage kommen kann, schon wieder veraltet sind. Das haben s. Z. auch die Versuche der Schwedischen Staatsbahnen gezeigt, welch letztere nun aber doch endlich zu einer endgültigen Ausführung geschritten sind. Für die Strecke Kiruna-Riksgränsen sind Ende vorigen Jahres die Vorarbeiten beendigt worden, so daß nun die Bauausführung erfolgen kann.

Italien hält einstweilen noch an seinem Drehstromsystem fest, für das K. v. Kando mustergültige Ausführungen zum Betriebe der Giovi-Linie[27])

geschaffen hat. Als Vorstufe der von den Italienischen Staatsbahnen in die Hand genommenen umfangreichen Arbeiten zur Ausführung des elektrischen Betriebes auf sechs Linien[28]) diente die klassische Valtellina-Bahn von Ganz & Co., die ihrerseits im vergangenen Jahre nach Mailand fortgeführt wurde; diese Strecke soll im Jahre 1913 in Betrieb genommen werden.

Auch in Österreich wird an der Einführung elektrischer Hauptbahnbetriebe eifrig gearbeitet. Die Durchrechnung verschiedener Linien[29]) hat zwar nicht überall günstige Ergebnisse gezeitigt, doch stehen die Aussichten für einige Linien, worunter sich auch die Arlbergbahn befindet, gut.

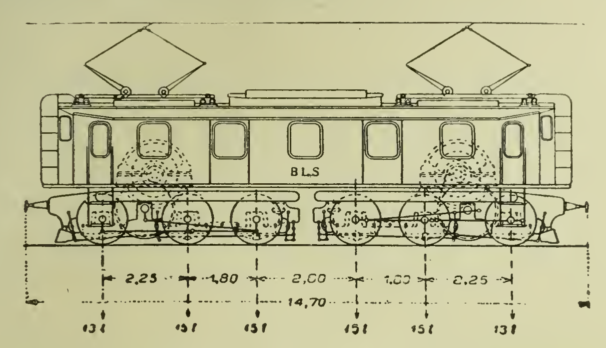


Abb. 10. Maschine mit Zahnrad- und Schubstangenantrieb.

Zu erwähnen sind schließlich auch noch die in verschiedenen Staaten, insbesondere Preußen, mit großem Erfolg eingeführten und ständig vermehrten Triebwagenbetriebe. Hier hat sich neben dem reinen Sammlerwagen auch der benzolelektrische Triebwagen[30]) behauptet.

An Zwischenstadtbahnen ist im vergangenen Jahre wenig Neues zu verzeichnen. Der Entwurf Düsseldorf-Köln steht infolge eines Streites beider Städte miteinander noch auf dem alten Punkt. Dagegen erfuhr die bewährte Schnellbahn Köln-Bonn eine recht beträchtliche Erweiterung. Sie arbeitet mit hochgespanntem Gleichstrom und Akkumulatorenpufferung.

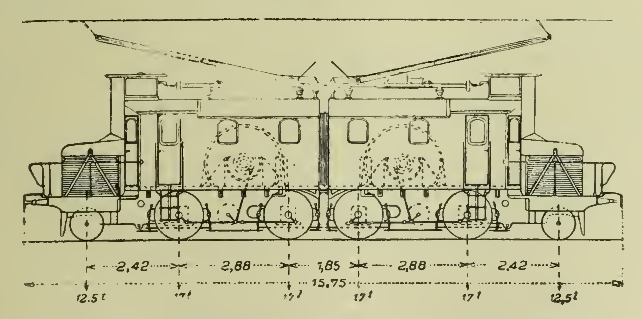


Abb. 11. Maschine mit reinem Schubstangenantrieb.

Der Bau der Fahrzeuge hat im letzten Jahre eine gewaltige Förderung erfahren. Die Formen, sowohl des elektrischen als auch des mechanischen Teiles der Lokomotiven vereinheitlichen sich. Man hält für Personenzuglokomotiven mit hohen Fahrgeschwindigkeiten an dem reinen Schubstangenantrieb vom hochliegenden Motor aus fest, während für mittlere und geringe Fahrgeschwindigkeiten die von Oerlikon ausgebildete Zahnradübersetzung zwischen Motor und Zwischenwelle angenommen wird. (Abb. 10 u. 11.) Dieser Zahnrad-Zwischentrieb gewinnt heute an Bedeutung und ist Gegenstand eingehender Untersuchungen geworden.[31])

Neuerdings gestaltet man die Bauart der Lokomotiven mehr und mehr offen, wodurch die Lüftung der Motoren und Transformatoren wesentlich gefördert wird. Es wird sich indes die von den Preußischen Staatsbahnen entworfene Bauart der völlig freien Aufstellung des ganzen Antriebes und der zugehörigen Teile mit Rücksicht auf die Witterung nicht durchführen lassen. Selbst die ständige Offenhaltung seitlicher großer Ausschnitte im Lokomotivkasten ist aus dem genannten Grunde nicht rätlich.

[1]) Denkschrift über d. Einf. des el. Betr. auf d. bayer. Staatseisenbahnen: El. Z. 1910, p. 366 u. f. — Mitteilung Nr. 1 bis 4 der Schweiz. Stud.-Komm. für el. Bahnbetrieb. — [2]) El. Z. 1912, p. 71, 1171, 1336. — [3]) El. Z. 1913, p. 171. — [4]) El. Railw. Jl. Vol. XL, 20, 1912, p. 1057. — [5]) El. Z. 1912, p. 1039. — [6]) El. Z. 1911, p. 934. 1912, 1090. — [7]) El. Railw. Jl. Vol. XL, 13, p. 485. — [8]) El. Railw. Jl. 1912, Vol. XL, p. 164, 555, 557, 606, 1001; El. Z. 1911, p. 192. — [9]) El. Railw. Jl. Vol. XXXIX, 1912, p. 58, 418, 502, 646. — [10]) Ann. Gew. Bauwes. Bd. 69, 1911, 8, p. 187—97. — [11]) El. Z. 1913, p. 275. — [12]) El. Z. 1912, p. 587. — [13]) El. Z. 1911, p. 1056, 1912, p. 219, 436, 1090. — [14]) El. Z. 1912, p. 393, 460, 1270. — [15]) El. Z. 1912, p. 395, 397. — [16]) El. World 1913, p. 288. — [17]) Hobart, El. World 1913, p. 26. — [18]) El. Z. 1912, p. 220. — [19]) El. Z. 1913, p. 188. — [20]) El. Kraftbetr. 1912, p. 682. — [21]) El. Z. 1912, p. 748, 1060. — [22]) El. Z. 1912, p. 992. — [23]) El. Z. 1912, p. 426. — [24]) El. Z. 1912, p. 138. — [25]) El. Z. 1912, p. 49. — [26]) El. Z. 1911, p. 320. — [27]) El. Z. 1912, p. 1236, 1260. — [28]) El. Z. 1910, p. 703, 1912, p. 622. — [29]) El. Kraftbetr. 1912, p. 686. — [30]) El. Kraftbetr. 1912, p. 621. — [31]) El. Z. 1913, p. 234.

Fahrzeuge ohne Schienenbahn.

Akkumulatorenbetrieb. Leichte Batterien für Automobile werden als Masseplatten ausgebildet und sind daher nicht so haltbar, wie Bleiplatten. Die Anschlußfahnen brechen leicht heraus, weil mechanische Stöße die Verbindungen lösen. Gummibereifte Gefährte gestatten indes deren Einbau.

Für schwere Lokomotiven, insbesondere für Rangierzwecke, hat der elektrische Akkumulator eine immer steigende Anwendung gefunden, aber hier als Bleiplatte mit festen Zwischenlagen und kurzen Anschlußstellen. Dieser Akkumulator gestattet infolge seiner mechanischen Festigkeit der inneren Platten und des äußeren Einbaus eine elektrische Beanspruchung, die weit über das übliche Gefährdungsmaß hinausgeht. Die einstündige Entladungsstromstärke kann unbedenklich überschritten werden, da Plattenverkrümmungen ihres festen Preßeinbaues wegen nicht möglich sind. Hierdurch wird also der Hauptübelstand des Blei-Akkumulators behoben. Diese Batterien sind schwerer und teurer in der Anschaffung, aber billiger im Betriebe und finden in erster Linie beim Rangierbetrieb auf Hauptbahnen und für Pendelverkehr auf kurzen Nebenlinien Anwendung. Sie erfordern aber viel Platz, insbesondere in der Höhe, können also auch darum nur bei Gleisgefährten Verwendung finden.

Die Edisonbatterien, deren Anwendungsgebiet nur für Traktionszwecke liegt, haben mit dem vorstehenden Typ die hohe spezifische Beanspruchung gemein und hiermit die geringe Empfindlichkeit. Die Geruchlosigkeit beim Laden läßt ihnen manche weiteren Vorzüge, während Preis und Raumbedürfnis weniger günstig ausfallen.

Das Akkumulatorengefährt gewinnt immer mehr Anwendung im Kommunalbetriebe für Müllabfuhr, Straßenwasch- und Kehrmaschinen, zumeist im Zusammenhange mit Müllverbrennungsanlagen, deren billige Stromerzeugung erneuten Anreiz für Akkumulatorenbetriebe gibt. Elektrische Droschken und kleinere Omnibusse für Spezialzwecke bürgern sich neben den Benzinautomobilen immer mehr ein, dank der klaren Verhältnisse, die die durch Versicherung beim Lieferanten geregelte Unterhaltungsfrage mit sich bringt.

Eingehende Mitteilungen über Wagen mit Akkumulatorenbetrieb s. im Abschnitt Akkumulatoren.

Gleislose Fahrzeuge. Die Anwendung des Elektromotors für schienenlose Straßenfahrzeuge gewinnt neben dem Benzin- und Benzol-Motor immer fortschreitende Verwendung und drängt den Dampfmotor gänzlich zurück. Da wo Explosionsmotor und Elektrodynamomaschine vereinigt sind, ergeben sich Wagenkonstruktionen, bei denen sich alle Vorzüge des Elektromotors in vollstem Maße zeigen und durch die auch der Kampf mit den Straßen wirksam aufgenommen werden kann. Der elastische Antrieb des Elektromotors und die günstige Kraftverteilung auf viele Räder eines Zuges ergibt eine geringere Beanspruchung der Straßendecke, als beim direkten Antrieb durch Explosionsmotoren. Hierzu gesellt sich die Einfachheit des Elektromotors bei nur 2 Lagern und nur einem rotierenden Stück, dem Anker, und bei staubdichtem Abschluß des ganzen Motors. 10 jährige Dauer des Elektro-Antriebes ist erwiesene Tatsache.

Die sämtlichen Stromarten haben für den Antrieb Verwendung gefunden. Neben dem altbewährten Gleichstrommotor ist dem Einphasen-Kollektormotor Derischer Schaltung ein dankbares Anwendungsgebiet für schienenlose Motorgefährte, mit äußerer Stromzuleitung im fahrenden Zustande, zugewiesen. Dieser Umstand arbeitet der günstigen Ausnutzung von Überlandzentralen in die Hände.

Die gleislosen Bahnen fanden im Jahre 1912 eine langsame aber stetige Fortentwicklung, die nur gehemmt wird durch das Bestreben der Straßenbesitzer, ihre Straßen zu schonen, an deren Ausbau und Unterhaltung zu sparen bzw. den Bahnunternehmungen erhöhte Lasten aufzubürden. Ehe nicht gesetzliche Maßnahmen in ausreichender Form und in Berücksichtigung beiderseitiger Interessen vorliegen, kann sich dieser Zweig der Anwendung des Elektromotors nicht der fortschreitenden Kultur entsprechend entwickeln.

An technischen Fragen hängt die Fortbildung nicht.

Das Bedürfnis für dieses Verkehrsmittel zeigt sich in dem Auftauchen der verschiedensten Anlagen für Personen- und Güterverkehr im In- und Auslande und auch jenseits der Weltmeere, neben der Entwicklung elektrischer Voll- und Nebenbahnen.

Der Elektromotor für Schienengefährte besonderer Bahnen niederer Ordnung hat neue Anwendungen nicht zu verzeichnen. Er hat aber trotzdem die Konkurrenz des Benzin- und Benzolmotors auch auf diesem Gebiete nicht zu befürchten, da seine Eigenschaften ihn für die verschiedensten Anwendungen prädestinieren.

Landwirtschaftlicher Betrieb.

Die Zunahme der Überlandzentralen bezw. die Erweiterung bestehender hat auch im verflossenen Jahre angehalten. Hiermit Hand in Hand geht auch die Verbreitung des Elektromotors, der dazu berufen erscheint, die durch die Landflucht der Arbeiterbevölkerung gerissenen Lücken auszufüllen. Wurden vor Eindringen der Elektrizität in den Landwirtschaftsbetrieben fast alle Arbeiten von Hand bezw. durch Gespanne ausgeführt — auch Großbetriebe machten nur vereinzelt Ausnahmen hiervon — so drängt jetzt die Entwicklung dahin, auch in den kleinen und kleinsten Betrieben die Maschinenkraft anzuwenden. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Maschinen vollzieht sich also in etwas anderer Weise, als diejenige anderer, da meist vom Handbetrieb zum elektrischen Betrieb, ohne die Zwischenstufe „Transmissionsbetrieb“, übergegangen wird. Dies bedingt häufig eine Anpassung der Maschine an den Motor und hat zu einer ganzen Reihe Neukonstruktionen geführt.

Als Beispiel möge eine Walzen-Mahlmühle angeführt werden.[1]) Der unter der Mühle befindliche Motor treibt mit Riemen, der durch eine nachstellbare Spannrolle in richtiger Spannung gehalten wird, die Mahlwalzen direkt an. Platz beansprucht der Motor nicht. Anlasser usw. sind neben dem Motor, ebenfalls unterhalb der Mühle angebracht. An gleicher Stelle ist eine transportable Jauchepumpe mit an-

gebautem Elektromotor und doppelter Zahnradübersetzung beschrieben, die nicht nur saugt, sondern auch drückt, so daß man die Pumpe nicht mehr auf hohen Gestellen anzuordnen braucht. Bei den Getreidereinigungsmaschinen läßt sich der Antrieb durch den Elektromotor verhältnismäßig einfach durchführen. Während beim Handbetrieb die langsamlaufende Schüttlerwelle angetrieben wurde und mittels Vorgelege die raschlaufende Gebläsewelle, wird es jetzt umgekehrt gemacht. Aufgestellt ist der Motor auf der Maschine, so daß auch hier beide ein einheitliches Ganze bilden. Auch Rübenschneider, Trieure und Häckselmaschinen mit zusammengebautem Motor werden jetzt hergestellt, letztere mit Friktions- oder Riemenantrieb. Holldack[2]) weist bei diesen darauf hin, daß die wenig im Gebrauch befindliche Trommelhäckselmaschine sich für Motorantrieb besser eignet, als die mit rotierenden Messern, weil sich der Motor besser anordnen läßt, die Umdrehungszahl höher und daher das Übersetzungsverhältnis günstiger und der Kraftbedarf wegen der schraubenförmig auf der Trommel liegenden Schneidmesser gleichmäßiger ist. Auch Dreschmaschinen, die bis jetzt allgemein durch Riemen von einer Lokomobile oder einem fahrbaren Elektromotor angetrieben wurden, werden mit eingebautem Motor[2]) hergestellt.

Milchseparatoren, Sahneschleudern usw. werden schon vielfach mit direktem Motorantrieb gebaut, wie Büggeln[3]) an mehreren Beispielen zeigt.

Eine neue Anwendung, die noch dazu in hygienischer Beziehung außerordentliche Vorteile bietet, ist die elektrische Melkmaschine.[3]) Ein kleiner Motor von $^1/_{10}$ KW. ist mit einer Saugpumpe zusammengebaut, die durch Schläuche mit den Eutern der Kuh verbunden wird. Durch einen Mann können gleichzeitig 3 Kühe gemolken werden. Abgesehen von der Billigkeit des Melkens, wird noch der Vorteil erreicht, daß infolge der raschen Erledigung des Melkens die Milch warm in den Milchseparator geschüttet werden kann zwecks Sahnegewinnung, wodurch eine nochmalige Anwärmung vermieden wird.

Infolge der meist sehr geringen Betriebszeiten verlohnt es sich in kleinen Betrieben nicht, jede Maschine einzeln anzutreiben. Es ist daher gerade für die Landwirtschaft der transportable Motor in ganz besonderer Weise ausgebildet. Für Leistungen von 1—4 KW wird der Motor auf eine Schleife mit eisenbeschlagenen Kufen, Trage, Karre oder einen kleinen Wagen gesetzt. Für Motorleistungen über 4 KW bildet die letzte Ausführung die Regel. Daß die Motoren, wenn sie nicht mit einem besonderen Schutzkasten geliefert werden, vollständig gekapselt werden und dabei auch für einen Schutz der Sicherungen, Anlasser oder Sterndreieck-Schalter gesorgt wird, ist selbstverständlich. Der Motor selbst wird als normaler Motor mit $n = 1450$ oder als Vorgelegemotor ausgeführt. Holldack[2]) schlägt vor, einen Motor von zirka 3 KW, $n = 1430$ mit Vorgelege zusammengebaut zu nehmen und letzteres leicht ausrückbar zu machen. Motor sowohl wie Vorgelege, erhalten Riemenscheibe. Es ist dann möglich, nicht nur Dreschmaschinen mit $n = 1200$, sondern auch Futterschneidmaschinen mit $n = 150$ und Jauchepumpen mit $n = 50$ bis 60 bequem anzutreiben.

Für größere Güter, zumal solche, welche weitab von der Bahn liegen, bürgern sich die elektrischen Feldbahnen immer mehr ein, sei es zum Transport nach der Bahn, sei es für Rübentransport zur Zuckerfabrik usw.

Das elektrische Pflügen machte auch Fortschritte, wenn auch nur langsame. Sowohl das Ein- wie Zweimaschinen-System haben ihre Vorzüge und Nachteile. Es scheint aber, als ob in den meisten Fällen dem Einmaschinen-System der Vorzug gegeben wird. Die neuerlich auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gebrachten Benzinmotor-Pflüge machen dem Elektropflug viel Konkurrenz. Da nun der Zweimaschinenpflug nicht nur teurer in der Anschaffung ist, sondern auch zu beiden Seiten des zu pflügenden Feldes Stromzuleitungen verlangt, so ist der Einmaschinen-Pflug am meisten konkurrenzfähig, selbst wenn die etwas größere Seilabnutzung in Kauf genommen wird. Um diese herunterzudrücken, werden zwei Seilträger[3]) unter das zurücklaufende Seil gestellt, so daß dieses nicht auf dem Boden schleift. Zur Erhöhung der Standsicherheit des Anker- oder Gegenwagens

versehen die Siemens-Schuckertwerke nicht nur die 4 Räder mit Scheiben, den sogenannten Ankerscheiben, die sich in den Boden einschneiden, sondern sie wenden auch noch besondere Ankerscheiben an, die so auf einem schwingenden Rahmen befestigt sind, daß sie sich um so tiefer in den Boden drücken — senkrecht oder schräg, je nach Wunsch — je stärker der Seilzug ist. Da vorübergehend sehr hohe Widerstände — Steine, Wurzeln usw. — auftreten, so hat sich der Riemenantrieb mit dem ausgleichenden Riemen als Zwischenglied als praktisch erwiesen.

Daß bei der rauhen Behandlung entsprechende Vorkehrungen getroffen werden — Maximalausschalter, die gleichzeitig bei Rückgang der Spannung ausschalten, Steuerwalzen statt gewöhnlicher Anlasser usw. — ist selbstverständlich. Für transportable Motoren werden daher Anschlußkästen vereinigt mit Steckkontakt und Hebelausschalter gebaut, die derart konstruiert sind, daß der Stecker nur bei geöffnetem Schalter eingeführt und ausgezogen werden kann, bei geschlossenem Schalter dagegen festgehalten wird. An einer Dreschmaschine auf der Ausstellung in Kassel war in der Nähe des Einlegers ein Druckknopf angebracht, durch den der Anlasser bezw. Automat zur Auslösung gebracht werden konnte, wenn der Motor rasch still gesetzt werden sollte.

Ob die von Holldack[2]) als Neuigkeit erwähnte Bodenfräse dem Pflug gegenüber Vorteile bringen wird, muß die Praxis erweisen. Beim Benzinmotor-Pflug erscheint ihre Verwendung zweckmäßig, da die rotierende Bewegung beibehalten wird. Ob aber beim Elektropflug ein Vorteil herbeigeführt wird, muß abgewartet werden.

[1]) El. Z. 1912, p. 65—67. — [2]) Holldack, El. Z. 1912, p. 287—290. — [3]) Büggeln, Helios 1912, p. 2269—72, 2324—29, 2381—86, 2440—43.

Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen.

Die bequeme und billige Kraftzuführung, welche die Verwendung des Elektromotors fast überall gestattet, hat vielfach Spezialeinrichtungen gezeitigt, die ohne den anpassungsfähigen Elektromotor nicht denkbar wären. Wenn auch der elektrische Antrieb selbst vielfach keine besonderen Schwierigkeiten bietet, so sollen doch wenigstens einige erwähnt werden. Zum Transport von Massengütern, wie Korn, Kohle usw. dienen elektrisch angetriebene Elevatoren, wenn in vertikaler Richtung, oder Propellerrinnen, wenn horizontal gefördert wird. Letztere werden oft fahrbar angeordnet und der Motor durch Steckkontakt mit der Leitung verbunden. Zum Aufstapeln von Säcken, Ballen usw. dienen fahrbare Sackaufzüge, die nach Art der schrägen Elevatoren oder auch der Rolltreppen gebaut sind. Letztere werden auch zum Beladen von Eisenbahnwagen benutzt. Ein in letzter Zeit sehr viel angewendetes Spezialhebezeug sind die Lokomotiv- bezw. Wagen-Hebeböcke mit elektrischem Antrieb. Bei ihnen ist Hauptbedingung, daß die Hubbewegung an allen 4 Böcken genau gleich groß ist.

Aufzüge. Im Aufzugbau wird der elektrische Antrieb wegen der bequemen Zuführung der Kraft und der steten Bereitschaft des Motors zunehmend angewendet. Die früher überwiegende Seil-, Handrad- und Hebelsteuerung wird aber mehr und mehr durch die Druckknopfsteuerung ersetzt, da hierbei der Führer erspart wird, was bei nur mäßig benutzten Fahrstühlen von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist. Dabei erfolgt das Anlassen und Stillsetzen des Motors vollkommen selbsttätig. Die Kommando-Druckknöpfe sitzen bei Aufzügen für Personenbeförderung im Innern der Kabine. In den einzelnen Stockwerken selbst sind nur Knöpfe vorhanden, die den Aufzug nach der betreffenden Stelle holen. Bei Aufzügen ohne Begleitung — Akten-, Speise-, Materialaufzüge — sitzt in jedem Stockwerk eine vollständige Kommando-Druckknopftafel. Besondere Durchbildung haben die Sicherheitseinrichtungen erfahren, welche nur dann das An-

fahren gestatten sollen, wenn alle Türen geschlossen sind usw., und die Einrichtungen, welche ein genaues Anhalten in den Stockwerken, unabhängig von der Belastung des Aufzuges, gewährleisten.[1])

Die dauernd laufenden Paternosteraufzüge werden, wo ein sehr lebhafter Verkehr stattfindet, mit Vorliebe angewendet, da sie keiner Aufsicht bedürfen und sehr leistungsfähig sind. Ihr Antrieb durch einen dauernd laufenden Motor bietet jedoch keinerlei Interesse.

Die Aufzüge für Hochöfen, neuerdings vielfach Schrägaufzüge, nähern sich wegen der großen zu fördernden Lasten, der großen Hubgeschwindigkeit usw. den Fördermaschinen und erhalten auch dementsprechend ganz ähnliche Einrichtungen.

Krane. Die Leistungen der Kranmotoren sind in letzter Zeit ganz erheblich gewachsen und zwar nicht allein durch Erhöhung der maximalen Hublasten, wobei an den 200 t Werftkran der Deutschen Maschinenfabrik[2]) erinnert werden möge, sondern auch durch Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit. Die notwendige Folge ist ein Anwachsen der Steuerwalzen zu nicht mehr handlichen Größen. Da die Bedienung derartiger Walzen sehr anstrengend ist und vorzeitig ermüdet, so werden neuerdings die Schütze stark bevorzugt; wird doch bei ihnen durch die Meisterwalze nur der schwache Steuerstrom geschaltet. Selbst bei mittleren Leistungen scheint das Schütz die Steuerwalze verdrängen zu wollen. Die bei Fördermaschinen und Walzwerken bewährte Leonardschaltung kommt auch bei Kranen größerer Leistung zur Anwendung, in erster Linie für den Hubmotor.[3]) Ob die in dem ständig laufenden Steueraggregat auftretenden Verluste die sonstigen Vorteile aufwiegen, muß von Fall zu Fall festgestellt werden. Jedenfalls ist, wo der Kran dauernd arbeitet und sehr häufig angelassen wird, der Verlust in den Anlaßwiderständen erheblich, so daß die Mehrkosten des Maschinensatzes durch den Energiegewinn wieder wett gemacht werden. Auch bei der Leonardschaltung fällt der Steuerapparat sehr klein und handlich aus und läßt sich ohne jede Anstrengung bedienen. Die Steigerung der Geschwindigkeit hat auch die Sicherheitseinrichtung gegen Überschreitung der äußersten Hub- bezw. Fahrstellung gefördert, von denen Wintermeyer[4]) die von der A. E. G., S. S. W. und Sahli beschreibt. Eine neue Senkbremsschaltung für Gleichstromkrane haben die S. S. W.[5]) zum Patent angemeldet. Die Feldwicklung liegt unter Vorschaltung aller Anlaßwiderstände dauernd am Netz, während der Anker zunächst parallel zur Feldwicklung und zuletzt am Netz liegt. Der Vorteil dieser Schaltung liegt darin, daß die Senkgeschwindigkeit, gleichgiltig, ob der Motor angetrieben wird oder bei zu leichter Last selbst antreibt, annähernd konstant ist, da sich der Magnetstrom bei angetriebenem Motor um die im Anker erzeugte Stromstärke erhöht, um so mehr, je größer die antreibende Last ist. Eine ähnliche auf demselben Grundgedanken beruhende Senkbremsschaltung der El. Controller & Mfg. Co. beschreibt Keller.[6]) Um besonders bei Drehstromkranen unbeabsichtigte Bewegungen, z. B. Senken statt Heben, zu verhindern, wenden die S. S. W. eine neue Schaltung „d" an.[7]) Die Schaltwalze ist hierbei so eingerichtet, daß in jeder ihrer Stellungen ein Hauptschalter betätigt werden kann. Nach dem ersten Anheben wird der Hebel dann nur bis zu der Stellung zurückgelegt, bei der das Motor- und Lastdrehmoment sich das Gleichgewicht halten; hier wird der Strom abgeschaltet.

Laufkatzen. Die Motorlaufkatzen mit und ohne Führer finden neben den Kranen sehr ausgedehnte Verwendung. Sie sind in der Werkstatt zum Transport von Maschine zu Maschine ebenso anwendbar, wie zur Bewältigung von Massentransporten. Im letzten Falle werden sie meist ohne Führer betrieben und erhalten eine entsprechende Streckenblockierung. Die gedrängte Bauart, wodurch sie noch in niedrigen Räumen angewendet werden können und die Möglichkeit, scharfe Kurven mit ihnen zu fahren, haben wesentlich zu ihrer Verbreitung beigetragen. Dazu kommt, daß die Fahrbahn, ein I-Träger, auf dessen unterem Flansch sie laufen,

leicht überall angebracht werden kann. Ist Gleichstrom vorhanden, so wird der Hubmotor mit Serien- oder Kompoundwicklung, der Fahrmotor meist mit Serienwicklung versehen; bei Drehstrom kommen Schleifringanker-Motoren, für das Fahrwerk auch Kurzschlußanker-Motoren zur Anwendung. Der Fahrmotor fehlt häufig, wenn die Steuerung durch Zugseile von unten erfolgt und nur kleinere Lasten bewegt werden. Wie Thieme[8]) beschreibt, werden diese Laufkatzen von der Maschinenfabrik Oerlikon für 1—5 t Last und die verschiedensten Geschwindigkeiten gebaut. Das Hubwerk bekommt eine Magnetbremse.

Winden. Die Motorlaufkatzen werden auch als Winden benutzt, wenn z. B. mit einem schweren Kran längere Zeit geringe Lasten gehoben werden sollen. Sie werden dann am Kranhaken aufgehängt und arbeiten rascher, als der Kran, der dabei noch schlecht ausgenutzt ist. Eine sehr interessante elektrische Winde zum Bekohlen von Schiffen wird von Wintermeyer[9]) beschrieben. Diese Zwergwinde von Wilhelmi — die S. S. W. und Körting führen sie in etwas geänderter Form unter dem Namen Kraftrolle aus — besitzt ein umlaufendes, vom Anker angetriebenes Magnetgehäuse, welches die Seiltrommel trägt. Letztere sitzt aber nicht fest auf dem Magnetgestell, sondern wird durch eine Reibungskupplung, die durch die Last selbst betätigt wird, mitgenommen. Sobald an dem losen Seiltrum ein geringer Zug von einigen kg ausgeübt wird, findet die Kupplung statt und das Seil wird aufgewickelt. Der Motor läuft dauernd. Die ganze Winde ist so konstruiert, daß sie sich an Deck fortrollen läßt. In normaler Ausführung wird sie für 120 kg Gesamtlast und 2 m/sk Fördergeschwindigkeit gebaut.

Bei der See-Bekohlungseinrichtung von Adam wird zum gleichzeitigen Antrieb des Rundlaufseiles und dessen Anspannung gleichfalls ein Motor mit beweglichem Magnetgestell benutzt. Das Spannseil ist auf die Magnetgestell-Trommel aufgewickelt. Läßt die Spannung nach infolge Näherkommens des Kohlenschiffes, so wickelt sich das Spannseil auf und umgekehrt. Der im Rundlaufseil zu erhaltende Zug muß dem Drehmoment des Magnetgestelles gleich sein.

Fördermaschinen. Hauptschachtfördermaschinen für große Leistungen werden fast immer mit Gleichstrommotoren in Leonardschaltung angetrieben, da hierdurch unabhängig von der Geschicklichkeit des Maschinisten die Geschwindigkeit eindeutig durch die Hebellage bestimmt ist und Einrichtungen, die eine selbsttätige Einwirkung beim Übertreiben usw. gestatten, angewendet werden können. Aus diesem Grunde wird auch von den deutschen Behörden bei der Seilfahrt eine Geschwindigkeit bis zu 10 m/sk — bis jetzt meist 6 m/sk — zugelassen. Bei großen Belegschaften kann der Gewinn an Arbeitszeit allein schon ausschlaggebend für die Wahl dieser Antriebsart sein. Ob Schwungmassen[10]) oder Batterieausgleich[11]) angewendet werden muß, hängt von der Größe der Zentrale und anderen Faktoren ab. Asynchrone Drehstrommotoren werden in Deutschland meist nur für kleinere Leistungen angewendet, in Süd-Afrika dagegen bis zu den größten.[12]) Wie Steinhoff[12]) nachweist, kann selbst bei einem sehr billigen Strompreis für Jahr und Fördermaschine zirka 46 000 M gespart werden, wenn Gleichstrommotoren mit Leonardschaltung verwendet werden. Asynchronmotorantrieb empfiehlt sich dort, wo große Lasten aus großer Teufe mit kleiner Geschwindigkeit gefördert werden und die Seilfahrt mit verminderter Geschwindigkeit nur einen sehr geringen Bruchteil der gesamten Förderzeit ausmacht. Für mittlere und kleinere Leistungen kommt neuerdings auch der Doppel-Kollektormotor von Brown, Boveri & Co. und der Drehstrom-Kollektormotor[13]) zur Anwendung. Beide besitzen Serien-Charakteristik und daher von der Belastung abhängige Steuerung. Durch Verwendung von Nickelstahl sind die Umfangsgeschwindigkeiten der Ilgner-Schwungräder auf 130 m/sk gesteigert und hierdurch erhebliche Gewichtsersparnisse erzielt. Außer dem Ilgner-Ausgleich scheint auch die sogenannte Parallelpufferung, die Schmidt[14]) ausführlich beschreibt, Eingang zu finden, wenigstens dort, wo der Drehstrom direkte Verwendung findet. Das Wesen dieser direkten Drehstrompufferung besteht darin, daß ein Schwungrad mit einem asynchronen Motor und einem Kollektormotor gekuppelt ist. Die Schlupfenergie des asynchronen

Motors wird dem Kollektormotor zugeführt (Brown-Boveri) oder dem Frequenzwandler (Siemens-Schuckertwerke). Von einem in der Hauptleitung liegenden Serientransformator ist die selbsttätige auf den Hintermotor arbeitende Regeleinrichtung abhängig. Diese Art der Pufferung bietet insofern Vorteile, als nicht die ganze Energie umgeformt zu werden braucht, sondern nur die Belastungsspitzen und der Tourenabfall größer genommen werden kann, wodurch sich geringe Schwungradgewichte ergeben. Außerdem kann die Förderanlage auch ohne den Belastungsausgleich betrieben werden und es können auch andere variable Belastungen mit ausgeglichen werden. Der von Brown-Boveri angewendete Ausgleich durch die Schwungmasse der Dampfturbine bzw. die Kessel selbst hat sich als ein wirtschaftlicher Erfolg herausgestellt. Allerdings setzt diese Methode voraus, daß eine Dampfturbinenanlage in der Nähe der Fördermaschine ist.

Spille. Bruce Peebles & Co., Ltd., Edingburgh, bauen ein neuartiges Spill[15]), bei dem durch einen abnehmbaren Steuerhebel der Motor in bekannter Weise angelassen wird. Sobald dieser Hebel nach rückwärts über die Nullage hinaus bewegt wird, löst er eine Kupplung, welche Trommel und Getriebe verbindet, so daß die Trommel nunmehr frei drehbar ist. Eine Weiterbewegung des Steuerhebels nach rückwärts bewirkt Umsteuerung des Motors. Der Vorzug besteht darin, daß das Seil fest an der Trommel befestigt werden und beim Rangieren auch am Wagen befestigt bleiben kann, wenn derselbe am Spill vorbeifährt — Kupplung lösen, ev. umsteuern. Bei einer anderen Ausführungsform wird die Kupplung durch einen Tritthebel ausgelöst. Das 3,8 t schwere Spill hat eine Zugkraft von 1000 kg bei v = 0,82 m/sk.

Elektrofant. Ein neuartiges Verkehrsmittel wird unter dem Namen Elektrofant[16]) von der General Electric Company in Schenectady hergestellt. Auf einem kurzen Wagen ist hinten eine 1000 kg schwere Akkumulatorenbatterie untergebracht und vorn ein um 180^0 drehbarer Ausleger. Der durch Schaltwalze betätigte Motor kann auf die Seiltrommel arbeiten zum Heben von Lasten oder auf die Hinterräder des Wagens. Der Kran vermag 1000 kg mit 0,1 m/sek. 3 m hoch zu heben oder, wenn die lose Rolle abgenommen und die Last direkt an das Seil gehängt wird, 500 kg mit 0,2 m/sek. Durch Schwenken des Lastauslegers können Lasten bis 2,5 m weit versetzt werden. Die Anwendungsmöglichkeiten dieses selbstfahrenden Hebezeuges sind außerordentlich verschieden. Es kann ebenso zum Transport innerhalb der Werkstatt, als zum Aufstapeln in den Magazinen oder auf dem Lager, zum Be- und Entladen von Eisenbahnwagen oder Fuhrwerken, Schleppen von Anhängewagen u. a. m. benutzt werden.

[1]) Wintermeyer, Helios 1912, p. 724—29, 774—79, 824—27. — [2]) Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, p. 1095—96. — [3]) Katsch, Helios 1911, p. 661—67, 673—80. — [4]) Wintermeyer, El. Masch.-Bau 1912, p. 123—25. — [5]) Nachr. S. S. W. 1912, p. 125—27. — [6]) Keller, El. Z. 1912, p. 343. — [7]) Nachr. S. S. W. 1912, p. 127—28. — [8]) Thieme, El. Z. 1912, p. 564—65; Helios 1912, p. 1649—52; El. Anz. 1912, p. 497—8. — [9]) Wintermeyer, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, p. 1605—10. — [10]) Wille, Z. Ver. dtsch. Ing. 1912, p. 333—344. — [11]) Schröder, Helios 1912, p. 113—114. — [12]) Steinhoff, El. Kraftbetr. 1912, p. 136—39. — [13]) Janzen, El. Kraftbetr. 1912, p. 469—76, 481—89. — [14]) Schmidt, Helios 1912, p. 6—10, 16—24, 36—9, 41—5, 56—60. — [15]) El. Z. 1911, p. 1241—42. — [16]) Helios 1912, p. 507—8; El. Anz. 1912, p. 588—9.

Maschinenantriebe.

Der Antrieb der Rotationsmaschinen, der wegen der Regulierbarkeit schon vielfach mit Einphasen-Kollektormotoren, selbst im Anschluß an Drehstrom-

netze, ausgeführt ist, wird wahrscheinlich auch vom Drehstrom-Kollektormotor mehr und mehr erobert und hat mehrfache Verbesserungen erfahren. Z. B. hat die Voigtländische Maschinenfabrik A.-G. Plauen einen sehr gedrängt und übersichtlich gebauten Antrieb[1]) ausgeführt. Charakteristisch daran ist, daß auf den Antriebsmotor noch ein kleiner Motor aufgebaut ist, der für die ganz geringen Drehzahlen während des Einziehens des Papieres usw. benutzt wird. Er treibt mittels Zahnrads den großen Motor an, aber nicht direkt, sondern unter Vermittlung eines ausrückbaren Zwischenzahnrades. Das große auf der Achse des Hauptmotors sitzende Gegenzahnrad befindet sich neben dem eigentlichen Antriebsritzel. Der unterhalb des Motors angeordnete Schaltwalzen-Anlasser und Regler der Bergmann Elektrizitätswerke A.-G. wird elektrisch durch zwei Solenoide ruckweise betätigt. Die Steuerung vom Stande des Arbeiters erfolgt durch zwei Druckknöpfe. Neuerdings ist das erwähnte Zwischenzahnrad, wie Schmidt[2]) berichtet, durch eine sogenannte Überholungskupplung ersetzt, deren Zweck darin besteht, die Presse mit dem kleinen Motor langsam anlaufen zu lassen, dann den großen Motor hinzuzuschalten und nach Erreichung der normalen Drehzahl den kleinen Hilfsmotor zwangläufig abzuschalten und die magnetische Kupplung zwischen beiden zu lösen.

In der Zeugdruck-Industrie werden seit Jahren mit Erfolg normale, fremderregte Gleichstrommotoren benutzt, deren Anker an verschiedene Spannungen gelegt werden. Z. B. ein Fünfleiternetz mit 50 + 150 + 150 + 100 V Spannung vielfach benutzt, mit Hilfe dessen eine Geschwindigkeitsregulierung 1 : 10 in 9 gleichen Abstufungen möglich ist. Da aber bei vorhandenem Gleichstrom entsprechender Spannung mindestens mehrfache Ausgleichmaschinen, bei Drehstrom Mehrmaschinen-Umformer hierzu nötig sind, so werden regelbare Wechselstrom-Kollektormotoren und neuerdings auch Drehstrom-Kollektormotoren[3]) mit Erfolg angewendet. Letztere eignen sich in der jetzigen Ausführungsform mit etwa 8—12 Geschwindigkeitsabstufungen ganz vorzüglich, da eine feinere Regulierung sich nicht als erforderlich herausgestellt hat.

Im Baugewerbe findet der Elektromotor immer mehr Eingang. Insbesondere sind die sogenannten Baumaschinen zu erwähnen, die in sich eine Mörtel- bzw. Betonmischmaschine und einen Bauaufzug vereinigen. Wo elektrische Energie nicht zur Verfügung steht, wird eine fahrbare Primärstation benutzt und der elektrisch angetriebenen Baumaschine der Vorzug gegeben, weil ihr Aufstellungsort unabhängig von der kraftspendenden Lokomobile so erfolgen kann, daß die geringsten Transportkosten entstehen.

Der ausschließliche elektrische Antrieb einer Zementfabrik ist von der Allg. Elektr.-Ges. durchgeführt[4]). Bemerkenswert ist die Verwendung von Vertikalmotoren mit Riemenabtrieb[5]) für Maschinen mit vertikaler Welle. Die unten liegende Riemenscheibe ist nur bei kleineren Motoren auf die Motorachse gesetzt; bei größeren ist sie nochmals doppelt gelagert und durch eine nachgiebige Kupplung mit dem Motor verbunden. Der große Vorteil dieser Motoren liegt in der Vermeidung der halb geschränkten Riemen bzw. der Umlenkrollen.

Pumpen, Wasserhaltungen. Die Verwendung kleiner rotierender Pumpen für Wasserversorgung einzelner Häuser, Grundstücke, Güter usw. hat dauernd zugenommen. Um ein Einfrieren im Winter und zu warmes Wasser im Sommer zu vermeiden, verwenden die Siemens-Schuckertwerke sogenannte Schalterköpfe[6]) mit zirka 6 l Inhalt, die am höchsten Punkt des Gebäudes montiert werden. Hierdurch wird vermieden, daß der Motor bei jeder kleinen Wasserentnahme anspringt und anderseits ist das Wasser stets frisch. Einen Druckschalter neuerer Konstruktion einstellbar für eine sehr geringe Druckdifferenz beschreibt Cruse[7]).

Größere Pumpen zum Füllen von Hochbehältern werden jetzt durch Schütze angelassen. Durch den Schwimmerschalter wird dann nur noch der geringe Steuerstrom geschaltet.

In Bergwerken hat, sofern der Wasserzufluß von einiger Bedeutung ist, die direkt gekuppelte Hochdruck-Kreiselpumpe das Feld weiter erobert. Zwar ist der zum Betrieb erforderliche Energieverbrauch höher, als derjenige langsam laufender Kolbenpumpen[8]) (der Oberschlesische Überwachungsverein hat in einem Falle 31,5% Mehrverbrauch festgestellt), doch spielen natürlich die Verzinsung und Amortisation eine große Rolle. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß die Herstellung der bei Kreiselpumpen kleineren Pumpenkammer, hauptsächlich bei druckhaftem Gebirge, nicht selten wirtschaftlich und technisch ausschlaggebend ist. Als Abteufpumpen werden fast überall Kreiselpumpen stehender Anordnung verwendet, hauptsächlich wegen der geringeren Platzbeanspruchung und der geringen Empfindlichkeit gegen Schmutzwasser. Bei nassen Schächten wird die vollkommen wasserdichte Einkapselung, die auch ein Arbeiten unter Wasser gestattet, vorgezogen. Hierbei wird durch eine Druckluftleitung das Innere des Motors unter Überdruck gesetzt und das etwa eingedrungene Wasser durch ein Rückschlagventil herausgedrückt[9]).

Luftmaschinen. Die Lüfter — Ventilatoren bzw. Exhaustoren — haben sich so eingeführt, daß sie jetzt, wenigstens in den kleineren Typen, als Massenfabrikat hergestellt werden. Größere Exhaustoren für Bergwerke, deren Drehzahl regelbar sein muß, erhalten Antrieb durch asynchrone Drehstrommotoren mit Schleifringanker. Die Rotorenergie wird dadurch nutzbar gemacht, daß sie einer besonderen Maschine zugeführt und dann in Form elektrischer Energie an das Netz oder als mechanische Kraft an die Welle des Hauptmotors zurückgegeben wird. Von den vielen möglichen Variationen hat sich in der Praxis die Schaltung von Brown-Boveri-Scherbius, z. B. angewendet auf Zeche Rheinelbe III[10]), — die Rotorenergie wird einem Drehstrom-Kollektormotor zugeführt, der mit einem Asynchrongenerator gekuppelt ist; dieser arbeitet auf das Netz — und den Siemens-Schuckertwerken[10]) z. B. angewendet auf Zeche de Wendel, — die Rotorenergie wird einem Einankerumformer zugeführt, dessen Gleichstromseite auf einen Gleichstrommotor arbeitet; letzterer treibt mit Riemen auf die Exhaustorwelle — bewährt. Drehstromkollektormotoren kommen nur für Leistungen unter 400 KW. in Frage.

Kompressoren für zirka 6—7 Atm. Pressung und normale Drehzahlen von 100—130 werden häufig elektrisch angetrieben. Dagegen hat sich bei den neuerdings stark in Aufnahme gekommenen Turbokompressoren der direkte Dampfturbinenantrieb wegen der sehr hohen Drehzahlen als zweckmäßig herausgestellt.

Entstäubungseinrichtungen sind in sehr großer Zahl auf den Markt gekommen. Sie arbeiten sowohl mit Kolbenpumpen, als auch mit rotierenden. Sowohl feste, wie transportable Pumpen erhalten fast ausschließlich Antrieb durch Elektromotor, wobei die direkte Kupplung vorherrschend ist.

Eismaschinen, Kühlanlagen. Zunehmende Verbreitung finden die elektrisch angetriebenen Kältemaschinen. Sie besitzen gegenüber der Verwendung von Natureis ganz erhebliche hygienische Vorteile und bürgern sich mehr und mehr in kleineren Geschäften, wie Bier-, Milch-, Obst-, Blumen-, Fleisch- usw. Handlungen ein, ja sogar in den Haushaltungen. In großen Mietshäusern werden Zentral-Kühlanlagen im Keller aufgestellt und von hier aus zu den Kühlschränken und Vorratskammern der einzelnen Wohnungen Rohre verlegt. Die Anwendung von Kältemaschinen in kleinen Geschäften und im Haushalt ist aber nur denkbar bei Anwendung des anspruchslosen, fast keine Wartung verlangenden Elektromotors. Da der Energiebedarf derartiger Motoren fast nur in die weniger belasteten Sommermonate fällt, so haben auch die Elektrizitätswerke ein großes Interesse an der weiteren Verbreitung. Der Antrieb erfolgt bei mittleren Maschinen — Zentralanlagen für ganze Häuser — durch einen normalen Motor mittels Riemens. Ganz kleine Apparate, die ebenfalls Riemenantrieb erhalten, werden meist so angeordnet, daß der Motor auf dem Kühlschrank oder an der Wand Platz findet. Gebaut werden kleinere Kältemaschinen u. a. von A. Borsig, Berlin und L. A. Riedinger, Augsburg[11]). Eine größere Anlage von Borsig hat 450 m² Grundfläche, 110 000 Kal./Stunde und einen Antriebsmotor von 50 KW.[12])

Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Metallbearbeitung. Die Entwicklung des elektrischen Antriebs von Werkzeugmaschinen ist gekennzeichnet durch:

1. Einheitlichen Zusammenbau von Maschine und Motor unter möglichster Vermeidung jeder Zwischenübersetzung.
2. Ausnutzung der dem Elektromotor eigentümlichen Eigenschaften; Regulierbarkeit, Änderung der Drehrichtung.
3. Möglichste Ausschaltung der Handbedienung und Ersatz durch halb oder ganz selbsttätige Einrichtungen beim Anlassen, Regulieren, Umsteuern und Stillsetzen.

Wenn auch sämtliche der eben aufgeführten Bestrebungen nicht immer zu gleicher Zeit verwirklicht werden — bei sehr großen und schweren Maschinen ist das natürlich der Fall — so sucht man doch auch in einfacheren Fällen bei kleineren Kräften dem wenigstens nahe zu kommen. Erwähnenswert ist ferner noch das rasche Eindringen des Drehstrom-Kollektormotors, der ebenso wie der Gleichstrom-Nebenschlußmotor eine weitgehende Regulierung, wenn auch nicht in genau so feinstufiger Weise, gestattet und die Verwendung mehrerer Motoren an einer Maschine, zum Zwecke die Zwischenübertragungen für die Schalt- bzw. Transporteinrichtungen zu umgehen. Auch der Einphasen-Kollektormotor — Repulsionsmotor — nimmt zu an Verbreitung, doch ist dies mit Rücksicht auf die sehr geringe Zahl von Einphasen-Zentralen von untergeordneter Bedeutung.

Wie aus vorstehendem hervorgeht, befindet sich der Werkzeugmaschinenbau zwar in einer raschen, dabei aber ruhigen Weiterentwicklung, so daß sich die Neukonstruktionen im allgemeinen an die vorhandenen anlehnen und nur eine Weiterbildung derselben darstellen. Daß hierbei auch die Konstruktion an sich immer mehr verstärkt wird wegen der erhöhten Arbeitsgeschwindigkeit und der größeren jetzt verlangten Genauigkeit des Fertigfabrikates, wobei auch die geringste Vibration ausgeschlossen werden muß, ist bekannt.

Auf einige der bekannter gewordenen Ausführungen sei kurz verwiesen. Von P. Sietz, Maschinenbauanstalt, Berlin wird eine sehr gedrängt gebaute Bügel-Kaltsäge[13]) mit direkt gekuppeltem Motor, der mittels Schnecke antreibt, hergestellt. Sie ist wegen ihres geringen Gewichtes von zirka 100 kg leicht transportabel und kann daher leicht dorthin geschafft werden, wo das Rohmaterial lagert. Da sich auch 2 oder 3 Sägen einsetzen lassen, eignet sie sich auch für Massenschnitte und zum Einschneiden von Gabelköpfen, kleine Kurbelwellen usw.

Eine Ständerbohrmaschine[14]) mit zwei Bohrköpfen, die in den königlichen Eisenbahn-Hauptwerkstätten I, Berlin aufgestellt ist, erregt Interesse, weil jeder Bohrkopf mit einem Motor von 1 KW ausgerüstet ist. Jeder Bohrkopf kann daher unabhängig vom andern elektrisch reguliert werden.

König[15]) beschreibt u. a. eine Ausleger-Bohrmaschine von E. Hettner, Münstereifel, bei der auch die Geschwindigkeitsregulierung elektrisch bewirkt wird. Die Kurbeln vom Anlasser und Nebenschlußregler sind dabei derartig in Abhängigkeit gebracht, daß der Anlasser den Nebenschlußregler beim Ausschalten mitnimmt, so daß beim Wiederanlassen die normale Feldstärke vorhanden ist.

Zur Bequemlichkeit des Arbeiters befindet sich die Kurbel am Bohrsupport selbst. In der gleichen Beschreibung sind noch enthalten eine Kaltkreissäge und ein gewöhnlicher Schleifstein, beide angetrieben durch je einen direkt angebauten Motor mit Zahnradübersetzung.

Um die Vorzüge der hydraulischen Nietung mit der Bequemlichkeit der elektrischen Kraftübertragung zu vereinigen, baut die Maschinenfabrik Oerlikon elektrohydraulische Nietmaschinen, bestehend aus einer normalen Nietmaschine, zusammengebaut mit einer elektromotorisch angetriebenen Preßpumpe. Das Preßwasser macht dabei stets einen Kreislauf und der Motor läuft stetig, auch wenn kein Wasser verbraucht wird. Die Maschine ist für 40, 50 und 80 t Druck, entsprechend Nietdurchmessern von 23, 26 und 32 mm, ausgeführt.

Pollok[16]) beschreibt außer einer Anzahl bemerkenswerter Konstruktionen eine Spitzendrehbank mit Druckknopfsteuerung von E. Schieß, Düsseldorf und A.-E.-G.-Ausrüstung. Unter der Drehbank verlaufen 7 Schleifleitungen, welche mit den beweglichen Druckknopftafeln in Verbindung stehen. Außerdem sind noch feste Druckknopftafeln vorhanden. Zum Anlassen wird ein kurzer Druck auf einen der Knöpfe „links" oder „rechts" ausgeübt. Alles weitere besorgt dann der selbsttätige Anlasser mit Hilfsmotor. Soll die Drehzahl erhöht werden, so wird derselbe Knopf so lange gedrückt, bis die gewünschte Geschwindigkeit erreicht ist. Ein vierter Knopf „halt" dient zum Stillsetzen, wobei das Feld des Gleichstrommotors selbsttätig verstärkt und durch Ankerkurzschlußbremsung der Auslauf verringert wird. Diese Art der Ausführung macht die elektrische Einrichtung in hohem Maße unabhängig von der Zuverlässigkeit des Arbeiters, gestattet dabei die größten eben noch zulässigen Arbeitsgeschwindigkeiten anzuwenden und erleichtert die Bedienung, da alles vom Arbeitsplatz aus erledigt werden kann, ungemein. Daß die Erhöhung der Geschwindigkeit auch selbsttätig bewirkt und auch während einer Werkstück-Umdrehung mit verschiedenen Geschwindigkeiten gearbeitet werden kann, ergibt sich von selbst. Z. B. kann beim Drehen von Kurbeln die Drehzeit durch Erhöhung der Geschwindigkeit während des Leerganges — geschnitten wird nur auf einem sehr kleinen Teil des Umfanges — ganz außerordentlich vermindert werden.

Die schon seit einigen Jahren mit größtem Erfolge angewendeten Hobelmaschinen-Antriebe mit selbsttätiger Motorumsteuerung führen sich immer mehr ein und erfreuen sich großer Beliebheit, da auch bei ihnen während eines Hubes mit verschiedener Geschwindigkeit gearbeitet werden kann, z. B. bei langen Stücken, die nur vorn und hinten kurze Arbeitsflächen besitzen.

Holzbearbeitung. Auch bei den Holzbearbeitungsmaschinen findet der elektrische Einzelantrieb immer mehr Verwendung, sogar mehr als im allgemeinen angenommen wird. Im Gegensatz zu den Metall-Bearbeitungsmaschinen findet sich aber überwiegend — Ausnahmen bestätigen die Regel — der Riemenantrieb. Der Grund für diese scheinbare Inkonsequenz ist darin zu suchen, daß bei vielen schnellaufenden Maschinen mit $n > 3000$ die direkte Kupplung ausgeschlossen ist. Aber auch dort, wo sich der Motor ohne weiteres kuppeln läßt — hier kommen hauptsächlich mittlere und große Kreissägen mit $n = 800$—3000 in Frage — wird der Riemenantrieb vorgezogen, weil die sehr hohen plötzlichen Überlastungen infolge von zu starkem Vorschub, Häufungen von Ästen usw. häufige Betriebsstörungen infolge Schmelzens der Sicherungen oder Auslösens des Automaten zur Folge haben, während bei Riemenantrieb, zumal wenn er, wie üblich, reichlich lang gewählt wird, ein Ausgleich durch den Riemen erfolgt. Bandsägen werden häufiger durch direkt gekuppelte langsam laufende Motoren angetrieben. Der Fortfall der langen rasch laufenden Transmissionen und häufig auch der Vorgelege bedeutet eine so große Ersparnis an Betriebs- und Anlagekosten, daß der elektrische Antrieb auch in größeren Anlagen (in kleineren ist es schon jetzt der Fall) immer mehr dem Transmissionsantrieb vorgezogen wird.

Steinbearbeitung. Ein sehr interessanter elektrisch angetriebener Bohrhammer der Maschinenfabrik Otto Püschel in Groß-Lichterfelde wird von Nickel[17]) beschrieben. Die drehende Bewegung des Motors wird durch ein Kurbelgetriebe in eine gradlinige übersetzt, das Bohrwerkzeug aber gleichzeitig dauernd gedreht. Die Leistung ist außerordentlich groß, dabei die erforderliche Antriebskraft nur 1,1 KW.

Webstühle, Spinnmaschinen, Papiermaschinen. Die Ansichten über den zweckmäßigsten Webstuhlantrieb sind geklärt, der Einzelantrieb mit vollständig geschlossenen asynchronen Drehstrommotoren mit Kurzschlußrotor wird fast ausschließlich angewendet. Nach Einführung der Kugellager und sonstigen Verbesserungen ist es gelungen, Motoren für 1 KW Leistung mit einem Wirkungsgrad von zirka 87% zu bauen, der, was das wichtigste dabei ist, von etwa ½ bis ⁵/₄ Belastung konstant bleibt. Dieser hohe Wirkungsgrad und die Tatsache, daß der

Motor nur so lange Kraft verbraucht, als er arbeitet, bewirken die wirtschaftliche Überlegenheit über den Transmissionsantrieb, ganz abgesehen von den vielen sonstigen Vorteilen, wie Produktionserhöhung, die der elektrische Einzelantrieb mit sich bringt. Als Drehzahl wird meist n = 970 vorgezogen wegen der bequemeren Übersetzung. Gruppenantrieb wird nur noch bei Spezialstühlen, die nicht dauernd laufen und bei solchen Musterstühlen, die ebenfalls nur eine geringe Zeit im Jahr in Betrieb sind, angewendet. Bei beiden würden sich die höheren Anschaffungskosten des Einzelantriebes nicht lohnen, da ihr Energieverbrauch eine untergeordnete Rolle spielt.

Eine gleiche Klärung der Ansichten über den zweckmäßigsten Antrieb der Spinnmaschine ist jedoch noch nicht eingetreten. Zwar wird von keiner Seite bestritten, daß der Einzelantrieb der Ringspinnmaschine Vorteile bietet, und zwar auch schon dann, wenn ein normaler Motor konstanter Drehzahl angewendet wird, mehr noch, wenn ein polumschaltbarer Motor (Drehverhältnis zirka 2 : 3) und am meisten, wenn ein feinstufig regelbarer Repulsions- oder Drehstromkollektor-Motor in Verbindung mit einem Spinnautomat oder Spinnregler gewählt wird. Der Antrieb des Selfaktors für Baumwoll- und Kammgarnspinnerei wird dagegen noch sehr umstritten. Wegen des sehr schwankenden Kraftbedarfes, der von 2—20 KW schwankt, wird sowohl von Reinhardt[18]) wie von Meyer[19]) Gruppenantrieb empfohlen. Daß Einzelantriebe z. T. mit Schwungmassen auf der Motorachse im einwandfreien Betriebe sind, soll nicht unerwähnt bleiben. Wie König[20]) berichtet, ist dabei der Motor mit aufgebautem Vorgelege, welches durch Kette angetrieben wird und zwei Riemenscheiben trägt, gebaut. Der Motor selbst besitzt ebenfalls eine Riemenscheibe und ein schweres Schwungrad. Die Streichgarnselfaktoren mit ihrem verhältnismäßig geringen Kraftverbrauch bieten keine erheblichen Schwierigkeiten für den Einzelantrieb.

Auch in der Frage der Motorkühlung herrscht ziemliche Einstimmigkeit: Luftkühlung (getrennte Zu- und Abluftkanäle); Wasserkühlung nur dann, wenn sich die Luftkanäle schwer unterbringen lassen. Vorsicht ist hierbei aber wegen Verstopfung durch Schmutz, Kesselsteinbildung usw. immer am Platze.

Für alle Hilfsmaschinen kommt neuerdings auch fast nur noch der Einzelantrieb in Frage. Für Zwirnmaschinen, die ähnliche Betriebsverhältnisse, wie die Ringspinnmaschinen aufweisen — nur ist die Geschwindigkeitsänderung keine periodische, sondern richtet sich nach der Stärke des Garnes — beschreibt König[21]) einen Spezialmotor mit 4facher Stufenscheibe und dreifach in Kugeln gelagerter Welle.

In der Papierfabrikation herrscht z. T. für den Antrieb der Papiermaschinen selbst noch der Gleichstrom-Nebenschlußmotor in Verbindung mit der Zu- und Gegenschaltung oder mit der Leonardschaltung vor. Es sind aber schon Ausführungen mit regulierbarem Einphasen-Kollektormotor[22]) zu verzeichnen. Daß auch hier der Drehstrom-Kollektormotor mit Erfolg eindringen wird, scheint ziemlich sicher zu sein, da die Beseitigung des jetzt noch vorhandenen Mangels einer zu grobstufigen Geschwindigkeitsänderung wohl keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereiten dürfte.

Der wirtschaftliche Vorteil des elektrischen Antriebes ist, wie durch Versuche in der Papierfabrik der United Box and Paper Co., Lockport, N. Y., festgestellt wurde[23]), als recht erheblich zu verzeichnen.

Bergwerke, Hüttenwerke, Walzwerke. In Bergwerken interessieren hauptsächlich die unter Tage arbeitenden Maschinen. Hier behauptet die Druckluft als Antriebsmittel noch immer ein weites Feld, hauptsächlich in Schlagwettergruben, da der Betrieb absolut ungefährlich ist und sich als angenehme Begleiterscheinung eine zusätzliche Bewetterung ergibt. Trotzdem tritt, besonders in Neuanlagen, der eventuell schlagwettersicher gekapselte Elektromotor immer mehr an Stelle des Luftmotors, zumal dort, wo es auf möglichste Bewegungsfreiheit ankommt, wie bei Schrämmaschinen und Gesteinsbohrern. Die Durchbildung der Apparate hat ebenfalls Fortschritte gemacht. Schaltwalzen und Schaltkasten, diese häufig

zusammengebaut mit dem Transformator, werden so ausgeführt, daß alle Teile unter Öl liegen, z. B. auch die Sicherungen und Schalter. Schaltkästen ohne Ölfüllung besitzen neben sehr robuster schlagwettersicherer Bauart die bekannte Verriegelung.

Der elektrische Antrieb von Walzwerken nimmt rasch zu. Bei Trio- und durchlaufenden Duowalzwerken ist der asynchrone Drehstrommotor mit zusätzlichem Schwungrad und bei Reversierwalzwerken der Gleichstrommotor mit Leonardschaltung und Ilgnerausgleich in erster Linie zur Anwendung gekommen. Das nach der letzteren Art ausgeführte Walzwerk der Skinningrove Iron Works[24]) weist einige Neuerungen auf. Mit der Schmierölpumpe ist ein Kontakt verbunden, der beim Sinken des Druckes eine Glocke zum Ertönen bringt. Der zur Betätigung des Schlupfwiderstandes dienende Hilfsmotor ist mit seinem Reihentransformator durch einen Windungsschalter verbunden. Die einzelnen Stellungen sind mit den zu walzenden Profilen bezeichnet, nach denen sich ja auch der einzustellende Schlupf richtet. Ist der Tourenabfall des Ilgnersatzes aus irgend welchen Gründen zu groß geworden, so fällt ein durch den Schlupfregler betätigter Sperrmagnet in den Regulierhebel ein und hält diesen so lange fest, bis die Drehzahl wieder die normale Höhe erreicht hat.

Sonstige Antriebe. Um den Elektromotor auch in den Haushalt einzuführen, hat die Allg. Elektr.-Ges. den Küchenmotor[25]) geschaffen. Dieser kleine, mit einem Traggriff versehene Motor besitzt ein um die Motorachse drehbares Zahradvorgelege. Die aus dem Gehäuse herausragende langsam laufende Welle mit n = zirka 100 wird durch eine Aufsteckvorrichtung mit der zu benutzenden Küchenmaschine verbunden. Je nach der Höhe der anzutreibenden Welle wird das Vorgelege gedreht, bis die Kupplung möglich ist. Der Stromverbrauch spielt, selbst wenn der Motor an die Lichtleitung angeschlossen ist, wegen der Kürze der Benutzungsdauer und der sehr kleinen Leistung keine Rolle.

Mehr haben sich schon die elektrisch angetriebenen Waschmaschinen eingeführt. Die elektrische Waschmaschine von B. Cordes in Lette, Bez. Minden[26]), besitzt vollkommen gekapselten Motor beliebiger Stromart mit ebenfalls gekapseltem Doppel-Stirnradvorgelege. Beide sind seitlich am Waschbottich angebracht. Ein Anlasser ist bei der geringen Motorleistung nicht erforderlich, sondern nur ein Stecker oder ein Schraubstöpsel zum eventuellen Anschluß an eine Lampenfassung. Die von Meyer[27]) beschriebene Johnsche Waschmaschine ist dagegen nicht mit dem Motor zusammengebaut. Der Motor treibt vielmehr auf ein neben der Waschmaschine an einer freistehenden Säule befestigtes Vorgelege. Diese Waschmaschine ist auch mit elektrischer Heizung — zweckmäßig, wenn bereits Warmwasserbereitung vorhanden — erhältlich.

Auch in großen Bureaus findet der Motor zur raschen Erledigung von mechanischen Handgriffen Verwendung. Z. B. wird das Bleistiftspitzen[28]) durch eine mit Schnur angetriebene Rundfräse bewirkt; der elektrische Brieföffner[29]) vermag 60—70 Briefe in der Minute zu öffnen; elektrische Zeitstempel[28]) vermerken Tag und Stunde des Einganges auf Schriftstücken; die Diktiermaschinen[28, 29]) werden durch einen Motor angetrieben, durch einen Fußkontakt werden sie eingeschaltet, so lange diktiert bzw. nachher abgehört wird; Adressiermaschinen[29]), Vervielfältigungsmaschinen[28]), die etwa 100 Kopien in der Minute liefern, Aktenhelfer[28]), Brieffalzmaschinen[28]), sie alle werden durch Motoren kleinster Leistung betätigt. Auch die Kopiermaschinen[30]) werden durch 1/10 KW.-Motoren angetrieben. Diese leisten etwa 1500 Kopien in der Stunde. Sie werden nach dem Naß- oder Trockenverfahren geliefert, im ersten Falle werden die feuchten Kopien auch noch elektrisch getrocknet, wozu 0,5—1 KW. erforderlich sind. Für Geschäfte mit großem Bargeldumsatz, also Banken, Warenhäuser, Straßenbahngesellschaften usw. ist die elektrische Geldzähl- und Rollmaschine[31]) von Wichtigkeit. Dieselbe zählt und rollt etwa 400 Münzen in der Minute und gewährt die Möglichkeit, falsche Geldstücke zu erkennen. Dabei gebraucht sie nur einen Motor von 1/20 KW. Die bei der Postverwaltung im Gebrauch befind-

lichen elektrischen Stempelmaschinen[32]) und Lochmaschinen[32]) für Zahlkarten mögen ebenfalls erwähnt werden.

In der Kirche hat zuerst der Antrieb des Orgelbalges Eingang gefunden, der jetzt fast durchweg durch ein elektrisch angetriebenes Gebläse ersetzt wird. Das Aufziehen der Turmuhren erfolgt ebenfalls häufig durch einen kleinen Motor. Rasch haben sich in letzter Zeit die Glockenläuteeinrichtungen eingeführt. Wernicke[33]) beschreibt die erste praktisch brauchbare Einrichtung von den Fortunawerken Albert Hirth, Cannstadt, welche grundsätzlich mit der bekannten Einrichtung der Friktionshämmer übereinstimmt, die durch ein Brett, das zwischen zwei Rollen — eine davon verschiebbar — läuft, gehoben werden. Beim Läuten wird umgekehrt das Brett nach unten gezogen und die bewegliche Rolle wird elektromagnetisch vom Seil selbst gesteuert. Im Kölner Dom sind Antriebe der Herforder El.-Werke Bockelmann & Kuhlo verwendet, die eine etwas abweichende Konstruktion besitzen, indem Seiltrommeln, welche ebenfalls eine schwingende Bewegung machen, gewählt sind. Die Schlesische Elektrotechnische Gesellschaft Gleiwitz wendet[34]) einen umsteuerbaren Motor an, der durch Kette auf eine exzentrisch zur Glockenachse gelagerte Scheibe arbeitet. Beim Ausschwingen der Glocke verliert die Kette die Spannung, so daß der Antrieb bei einer gewissen Winkelstellung aufhört. Der Umsteuerapparat wird von der Glockenachse betätigt. In einem Zusatz-Patent hat sich die Firma eine Einrichtung schützen lassen, die unter Zwischenschaltung von Reversierkupplung einen dauernd in gleicher Richtung laufenden Motor anzuwenden gestattet. Die Kupplungen werden in gleicher Weise von der Glocke gesteuert, wie im ersten Falle der Motor selbst.

In der Konfektion dürfte die elektrische Zuschneidemaschine[35]) und die Pelzklopfmaschine[36]) große Verbreitung finden.

Eine ausgedehnte Anwendung haben die Elektromotoren in letzter Zeit zum Betriebe von Klapp- und Drehbrücken, Schleusen, Wehren u. dergl. gefunden. Da jedoch die Einrichtungen den Kran- und Aufzugseinrichtungen sehr ähnlich sind, so können sie hier unbesprochen bleiben.

Zum Reinigen und Putzen der Stiefel dient der Schuhputzautomat Velox[37]), der nach Einwurf eines Geldstückes die Stiefel nicht nur reinigt und dann putzt, sondern auch den Staub absaugt und bei nassem Wetter die Bürsttrommel durch ein Heißwindgebläse trocknet.

[1]) Voigtländ. Maschinenfabrik, Helios 1912, p. 173—5. — [2]) Schmidt, El. Anz. 1912, p. 91—3, 117—9, 184—6, 248—50, 273—5, 314—6. — [3]) Helios 1911, p. 2201—4. — [4]) A. E. G.-Ztg. 1912, 7, p. 1—5. — [5]) A. E. G.-Ztg. 1911, 4, p. 7. — [6]) S. S. W., Helios 1912, p. 1462—4. — [7]) Cruse, Helios 1912, p. 169—72. — [8]) Helios 1911, p. 609—10. — [9]) König, El. Anz. 1912, p. 523—5, 549—51. — [10]) El. Z. 1911, p. 551. — [11]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 70—2. — [12]) Kälte-Industrie 1911, p. 163—5. — [13]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 55—6. — [14]) Mitt. B. E. W. 1911, p. 155—8. — [15]) König, El. Anz. 1911, p. 1275—7, 1303—4. — [16]) Pollok, Die Anwendung elektrischer Reguliermotoren für Werkzeugmaschinen, p. 15, 24 ill., Springer. — [17]) Nickel, Z. Ver. dtsch. Ing. 1912, p. 773—4. — [18]) Reinhardt, El. Masch.-Bau 1912, p. 365—71, 413—22, 437—9. — [19]) Meyer, El. Anz. 1912, p. 625—7, 651—3, 675—7, 703—4, 729—30, 755—7, 806—8, 882—3 und El. Z. 1912, p. 711—3. — [20]) König, Helios 1912, p. 53—6. — [21]) König, El. Anz. 1912, p. 1048—50. — [22]) Helios 1912, p. 162—4. — [23]) El. Z. 1911, p. 1118. — [24]) Engineering, Vol. 92, p. 386—7, 409—14 und El. Z. 1912, p. 1063—4. — [25]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 149—51. — [26]) Cordes, Helios 1912, p. 1314—5. — [27]) Meyer, El. Anz. 1912, p. 861—3. — [28]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 60—2. — [29]) El. Z. 1912, p. 68. — [30]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 108—10. — [31]) Mitt B. E. W. 1912, p. 85—6. — [32]) El. Z. 1912, p. 44—5. — [33]) Wernicke, El. Anz. 1912, p. 715—7. — [34]) Schles. El.-Ges., D. R. P. Kl. 74a, Nr. 237 983, 242 827; Helios 1911, p. 2097—8. — [35]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 114—6. — [36]) Mitt. B. E. W. 1912, p. 92. — [37]) El. Anz. 1912, p. 68.

VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung. Von Oberingenieur Ch. Krämer, Berlin. — Heizen und Kochen. Von Generalsekretär G. Dettmar, Berlin. — Zünden. Von Oberingenieur F. Collischonn, Charlottenburg. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Ch. Krämer, Berlin. — Elektromagnetische Scheidung. Von Oberingenieur Jul. Bing, Eisenach.

Metallbearbeitung.

Grundsätzlich Neues brachte das Jahr 1912 auf dem Gebiet der elektrischen Wärmebehandlung der Metalle nicht, dagegen lassen sich bedeutende Fortschritte in der industriellen Anwendung und in der hieraus resultierenden konstruktiven Durchbildung der Apparate und Maschinen erkennen.

Die weiteste Verbreitung hat die elektrische Schweißung erfahren. Hier ist zunächst die elektrische Lichtbogenschweißung zu erwähnen, die besonders begünstigt wird durch die Verwendung von Maschinen für konstanten Strom, die ohne Vorschalten von Widerständen, also praktisch ohne Verluste arbeiten. Ein Bericht des oberschlesischen Überwachungsvereins[1]) weist auf interessante Ausbesserungen an Dampfkesseln hin, bei welchen ganz erheblich an Kosten und insbesondere an Zeit gespart wurde.

In einem Falle wurde die Reparatur eines Flammenrohrkessels mit einem Kostenaufwand von 1500 Mk. in 4 Wochen bewältigt, die auf gewöhnlichem Wege durch Auswechslung der betreffenden Teile 4—5000 M bei einem Zeitaufwand von 3—4 Monaten gekostet hätte.

Ein praktisches Werkzeug für die Schweißungen nach Seimund Wenzel[2]) ist die elektrische Schweißzange, die den Schweißdraht als Pol benutzt. Die Zange selbst wird durch ein Solenoid magnetisiert und bewirkt so, daß der damit gefaßte Schmelzdraht magnetisch wird und die abgeschmolzenen Tropfen festhält. Auf diese Weise lassen sie sich auch von unten an das Reparaturstück heranführen. Das Verfahren ist in der Lokomotivwerkstatt der New York Ontario-Western Railway Co. in Middletown eingeführt für Heizrohre, Bodenbleche, Radkranzdefekte usw. Auch die Third Avenue Railway New York[3]) benutzt die Lichtbogenschweißung viel; interessant ist das Aufschweißen neuen Materials auf die in den Lagern abgenutzten Axen, die dann durch Nachdrehen auf das Normalmaß gebracht werden.

Eine reiche Auswahl von Spezialmaschinen brachte die elektrische Widerstandsschweißung. Hier sind vor allem zu erwähnen die Apparate der A. E. G.[4]) für Punktschweißung für halbautomatischen und automatischen Betrieb, die bis 1000 Punkte in der Stunde herstellen und die an Festigkeit die Nietung bedeutend übertreffen. Ferner Kettenschweißmaschinen[5]) für gewöhnliche und kalibrierte Ketten. Die Punktschweißmaschinen können durch entsprechende Abänderungen auch als Nahtschweißmaschinen Verwendung finden. Zahlreich sind ferner die Anwendung bei der Herstellung von Blechgefäßen. Dieselbe Mannigfaltigkeit zeigen die Maschinen der British Insulated & Helsby Cables, London[6]). Die elektrische Widerstandsschweißung ist geeignet, die Werkstattstechnik bedeutend zu verändern, indem komplizierte Teile, die seither viel Schmiedearbeit verursachten, wie z. B. Kurbelaxen einfach aus Einzelteilen zusammengeschweißt werden. Wie die meisten Veröffentlichungen[7]) beweisen, steht die Festigkeit der geschweißten Stellen dem vollen Material in nichts nach; dies erklärt sich daraus, daß bei der Widerstandsschweißung im Gegensatz zu jeder anderen Art, die Erwärmung von innen heraus erfolgt und das Material an der zusammengepreßten Stelle vor Oxydation geschützt ist.

Glühöfen. F. Bailey[8]) findet, daß Ölfeuerungen zur Erwärmung von Knüppeln usw. nur 4% thermischen Effekt ergeben, während sich mit elektrischer

Heizung 40—80% erzielen lassen. Es ist daher die Umwandlung des Heizwertes des Öles selbst auf dem Umweg über die Dampfmaschine und Dynamo noch günstig. Ein von ihm konstruierter Ofen verbraucht 40 KW für 150 Pfund Einsatz in der Stunde. Der Ofen besitzt als Stromzuführnug 2 Kohlenelektroden, die seitwärts eingeführt sind und zwischen welchen Kohle und Koksstücke den Stromübergang vermitteln. Der Ofen ist mit feuerfestem Material ausgekleidet und erhält eine vorzügliche Wärmeisolierung. Sein Vorteil besteht im Fortfall jeder Ruß- und Rauchentwicklung und die zu glühenden Teile ruhen in einer nichtoxydierenden Gasschicht, die sich über der stromführenden Koksschicht bildet.

Einen Ofen für ähnliche Zwecke baute Fitzgerald[9]), ausgeführt auf der Hohenlohehütte in Oberschlesien. Hier erfolgt die Heizung durch strahlende Wärme von oben. Zu diesem Zwecke ist das Ofengewölbe gebildet aus wellenförmigen Fassonstücken aus Kohle, die in 2 Reihen nebeneinander geschichtet sind, je 71 Stück in jeder Reihe. Der Strom tritt in das eine Ende der Reihe ein, geht am Ende durch ein metallisches Stück zur zweiten Reihe und verläßt sie am Ende. Der größte Teil der Spannung wird an den Berühungsstellen der einzelnen Stücke vernichtet. Der Ofen hat einen Wirkungsgrad von 72% bei 150 KW Energiebedarf. Bei 1160° des Widerstandes ist die Temperatur des Raumes zirka 1090°, bei 1400° zirka 1290°.

[1]) A. E. G.-Ztg., Jg. 3, p. 11. — [2]) Wenzel, Flory, Z. f. prakt. Maschinenbau. — [3]) El. Railway Jl., Vol. 39, p. 799. — [4]) Genie civil, T. 55, p. 194. — [5]) Rev. industr. 1911, p. 392. — [6]) Helios, Exp.-Z. 1912, p. 61—7, 109—15. — [7]) Z. B.: Loewenherz, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1911, p. 1666—768; El. Rev. v. 2. VI. 11. — [8]) Bailey, Rev. Métallurgie 1911, T. 8, p. 674. — [9]) Charles, Rev. Métallurgie 1911, T. 8, p. 676.

Heizen und Kochen.

Die Verwendung der elektrischen Heizung hat im Jahre 1912 erhebliche Fortschritte gemacht. Die Überzeugung, daß die Raumheizung auf elektrischem Wege in solchen Fällen, wo es sich um kurze Benutzungszeit handelt, vorteilhaft ist, hat sich immer mehr Bahn gebrochen. Insbesondere ist die elektrische Beheizung von Kirchen[1]) vielfach zur Durchführung gelangt.

Die Verwendung der elektrischen Heizung in industriellen Anlagen hat gleichfalls in dem Berichtsjahr große Fortschritte zu verzeichnen, und zwar für Brenneisen, Löteinrichtungen, Schweißmaschinen, Verzinnung, Glüh- und Härteöfen, Emaillieröfen, Vulkanisierapparate, Sterilisierapparate, Sieglackwärmer, Matrizentische, Leimkocher, Trockenöfen, Drehrollen, Backöfen und andere. Ganz besonders die letztgenannte Anwendungsart der elektrischen Beheizung hat außerordentliche Erfolge erzielt. Insbesondere in der Schweiz wurden elektrische Backöfen in großem Maßstabe eingerichtet, wozu die bei Wasserkraftanlagen möglichen niedrigen Tarife besonders beigetragen haben[2]).

Die durch den Vortrag Dettmars auf der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in München 1911 eingeleitete Bewegung zur vermehrten Verwendung der Elektrizität im Hause hat im Jahre 1912 schon bedeutende Erfolge gezeitigt durch wesentliche Steigerung in der Anwendung der verschiedensten elektrischen Apparate im Hause. Besonders wandte die Fachwelt dem elektrischen Kochen erhöhte Aufmerksamkeit zu[3]).

W. Schulz hat Angaben über die Anwendung der elektrischen Küche im industriellen Betriebe gegeben[4]) und außerdem darauf hingewiesen, wie zweckmäßig das elektrische Kochen sich als Ergänzung dem Herdkochen angliedert, derart, daß der Herd nur für die Bereitung großer Mahlzeiten angefeuert wird, während die kleineren Mahlzeiten in elektrischen Einzeltöpfen hergestellt werden[5]).

Durch Versuche, welche in Amerika durchgeführt worden sind, wurde erwiesen, daß die elektrische Zubereitung der Speise in bezug auf Gewichtsverlust

des Fleisches[6]) außerordentlich viel vorteilhafter sich stellt, wie das Kochen bei Gas oder auf dem Kohlenherde.

Von den verschiedenen Anwendungen sei besonders hier noch auf die elektrischen Heizkissen hingewiesen, welche sich großer Beliebtheit erfreuen und welche auch in der Medizin umfangreiche Verwendung finden.

Die Herstellung von warmem Wasser auf elektrischem Wege bot bisher gewisse Schwierigkeiten. Um diese zu überwinden, sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, welche auf eine Akkumulierung der Wärme hinauslaufen. Insbesondere hat Rittershausen[7]) einen Wärmespeicher für Anschlußanlagen beschrieben.

Der erhöhten Anwendung der elektrischen Kochapparate entsprechend hat auch der Verband Deutscher Elektrotechniker Normalien für Koch- und Heizapparate herausgegeben[8]).

[1]) Ely, El. Z. 1912, p. 849. — [2]) El. Z. 1912, p. 133; El. Rev. (Ldn.), Vol. 60, p. 503. — [3]) Dettmar, El. Z. 1911, p. 631; 1912, p. 401, 1123; Dettmar, Elektrizität im Hause, Julius Springer, Berlin. — [4]) Schulz, El. Anz. 1912, p. 781. — [5]) El. Anz. 1912, p. 525. — [6]) El. Z. 1912, p. 1219. — [7]) Rittershausen, El. Z. 1912, p. 868; El. Anz. 1911, p. 1250; Electrician (Ldn.) 1911, Vol. 69, p. 497. — [8]) El. Z. 1912, p. 410.

Zünden.

Deutschland steht mit seiner Fabrikation von Zündapparaten an der Spitze aller Länder und hat im Jahre 1912 allein durch die beiden Firmen Bosch und Eisemann 80% des Weltbedarfs gedeckt. Eine Betrachtung der Fortschritte der deutschen Konstruktionen wird daher zur Orientierung über das Wesentliche genügen.

Ebenso wie man bei den Motoren immer mehr zur vollständigen Einkapselung aller Teile übergegangen ist, hat sich diese Tendenz bei den Zündapparaten entwickelt. Der neue Boschmagnet und der Eisemannapparat sind hierfür gute Beispiele. Die Trennungsfugen zwischen Magnetkörper und Seitenteilen sind durch Packungen abgedichtet, die Schmierlöcher besonders abgeschlossen. Jegliche blanke Kontaktstellen sind auf der Außenseite vermieden. — Auch die Fabrikate der übrigen Magnetofabrikanten zeigen mehr oder weniger eine Abdichtung nach außen.

Bei den Mafam[1])-Magnetapparaten ist ein Polgehäuse zur Anwendung gekommen, welches die bei den Meßinstrumenten von Hartmann & Braun bekannte Form zeigt und deren Vorteile (große Stabilität bei Vermeidung von Verschraubungen) erzielt. — Bosch hat die Polschuhform nach der Richtung verbessert, daß in jeder Lage der Zündmomentverstellung gleich starke Funken erzeugt werden. — Zu dem Zweck sind die Polschuhe um den Betrag, um den der Apparat Spätzündung geben soll, verlängert worden. Mafam hat eine neue Unterbrecherform herausgebracht. Statt der gebräuchlichen Hebel- oder Federunterbrechung kommt ein schwingender, in Schlittenführung gleitender Rahmen zur Verwendung. Hierdurch wird genau paralleler Abhub der Kontakte und eine gleichmäßige Stromunterbrechung bei allen Geschwindigkeiten erreicht. Unmittelbare Verwendbarkeit bei Links- und Rechtsdrehung.

Viel gearbeitet wurde auf dem Gebiet der automatischen Verstellung des Zündzeitpunktes. Mafam verwendet statt starrer Fliehgewichte eine Kette, durch deren Schmiegsamkeit eine sanftere Verstellung des Zündzeitpunktes erreicht werden soll. Unterberg & Helmle vermeiden Schwungmassen dadurch, daß der am Unterbrecher befindliche Nocken unmittelbar der Zentrifugalkraft ausgesetzt wird. Eisemann verdreht durch einen in Öl laufenden Fliehkraftregler die Ankerachse in bezug auf die Antriebsachse und erreicht so verschiedene Zündmomente.

Eine Beschleunigung und Vervollkommnung der Verbrennung im Zylinder wird durch Doppelzündung angestrebt. Fein verwendet bei seinem Doppel-

funkenapparat zwei in einem einzigen Magnetgestell rotierende Anker und zwei Unterbrechersysteme. Bosch benutzt normale Magnetos in Verbindung mit zwei Verteilerscheiben.

Die Verwendung von Anlaßapparaten zur Vermeidung oder wenigstens zur Erleichterung des Ankurbelns hat weitere Fortschritte gezeitigt. Bosch verwendet einen kleinen Magnetapparat für Handantrieb der am Spritzbrett angebracht sein kann und über den Verteiler des Zündapparates den Strom der Kerze desjenigen Zylinders zuführt, der sich in der Explosionsperiode befindet; dabei ist damit gerechnet, daß der Motor bei seinen letzten Umdrehungen noch Gemisch ansaugt. Kuppelt man den Anlaßmagnet durch eine biegsame Welle oder dergleichen mit der Andrehkurbel, so wird das Anspringen erleichtert. Die Anlaßvorrichtung von Unterberg & Helmle besteht aus dem Anlaßmechanismus am Zündapparat und besonderen Gasgemischflaschen. Durch den ersteren wird beim Abstellen durch Einrücken einer Kupplung eine Feder gespannt, die beim Wiedereinschalten den Anker herumschnellt. Die vorher bewirkte Kurzschließung wird selbsttätig aufgehoben. Die Gasgemischflaschen, deren Steuerungsorgane mit dem Anlaßmechanismus in zwangläufiger Verbindung stehen, nehmen eine gewisse Menge Gemisch auf, das während des Auslaufens des Motors selbsttätig durch die Kolben eingepumpt wird.

[1]) Mafam-Motor-Apparate G. m. b. H., Frankfurt a. M.

Elektrische Regelung.

Feuerungsanlagen. Auch auf diesem Gebiet herrscht das Bestreben vor, die Anlagen möglichst unabhängig von menschlicher Wartung und Bedienung zu machen. Bei Kesselfeuerungen[1]) ist es vielfach die Bedienung der Luftklappen, die auf elektrischem Wege mit Hilfe eines Kontaktmanometers überwacht werden, während die Betätigung der Luftklappen selbst ebenfalls durch einen Elektromotor bewirkt wird.[1]) Die Überwachung geschieht durch ein von einer Schwachstromquelle gespeistes Kontaktmanometer, das je nach seiner Stellung die Relais für Rechts- bzw. Linkslauf des Motors schließt, wobei ein durch ein Uhrwerk bewegtes Zeitrelais die Öffnungs- und Schließungsbewegungen absatzweise ausführen läßt. Schwachstromkontakte bewirken zugleich Signale, die anzeigen, ob der Zeitschalter richtig aufgezogen ist und ob der zulässige Höchstdruck erreicht ist, in welchen Fällen der Wärter einzuschreiten hat.

Bei Gasfeuerungen geht das Bestreben dahin, in Abhängigkeit vom Druck sowohl die Zuführung des Generatorgases und der Verbrennungsluft, als auch den Austritt der Abgase zu regeln. Dies geschieht durch die Tourenregelung des den Kompressor antreibenden Motors, wobei das Verhältnis der Luftströme durch entsprechende Ventile einmal auf den günstigsten Wert eingestellt wird, und während des Regelvorganges bestehen bleibt.

Eine ähnliche Einrichtung gibt für Gasfeuerungen, die auf konstante Temperaturen arbeiten sollen, die Firma Machlet in Elizabeth U. S. A., bei welcher die Regelung in Abhängigkeit von einem Thermoelement durch elektromagnetisch gesteuerte Ventile erfolgt.

Sehr vollkommen durchgebildet sind auch die Apparate von Rennert[2]), der für größere Leistungen motorisch betätigte, für kleinere Leistungen magnetisch gesteuerte Ventile verwendet. Die Steuerung erfolgt auch hierbei durch Kontakt-Thermometer oder Kontaktmanometer mit einstellbaren Temperatur- bzw. Druckgrenzen. Verwendet werden sie für Warmwasserheizungen, Badeeinrichtungen. Erfolgt bei den Badeeinrichtungen die Warmwasserbereitung durch Gasheizung, so wird die Gaszufuhr durch das Ventil geregelt, erfolgt sie dagegen durch Vermischen von kaltem- und heißem Wasser, so wird die Heißwasserzufuhr geregelt. Bei Warmwasserheizungen wird automatisch die Luftzufuhr zur Feue-

rung und der Rauchschieber betätigt, wobei ein besonderer Apparat die Rücklauftemperatur des Wassers in Abhängigkeit von der Außentemperatur bringt.

[1]) El. Anz. 1912. Nr. 30, 32. — [2]) Rennert, Städtezeitung, 20. Febr. 12. und Schweizer El. Z. 1912, p. 184.

Elektromagnetische Scheidung.

Das Gebiet der elektromagnetischen Scheidung von Materialien weist eine von Jahr zu Jahr rasch zunehmende Entwicklung auf. Man kann nach den zu verarbeitenden Materialien zwei Hauptklassen von Magnetscheidern unterscheiden:

1. Scheider zur Trennung hochmagnetischer Materialien, wie z. B. Eisen und seiner stark magnetischen Oxydverbindungen.
2. Scheider zur Trennung schwachmagnetischer Materialien, wie gewisse Erze (Zinnerz etc.)

In Klasse 1 gehören die ausschließlich cylindrischen Rotationsapparate; meistens bestehend aus einem ruhenden Magnetsystem, über dessen cylindrisch ausgebildeten Polen ein Metallmantel aus unmagnetischem Material, meistens Messing, mit Mitnehmerleisten versehen, in kleinem Abstand rotiert.

In erster Linie sind hier zu nennen die bekannten Anordnungen des Magnetwerks G. m. b. H., Eisenach, der Elektrizitäts-Gesellschaft Colonia m. b. H., Cöln-Zollstock, Maschinenfabrik und Mühlenbauanstalt G. Luther (Akt.-Ges.), Braunschweig, D. R. P. 254 629, Klasse 1. Diese Apparate lassen das ausgeschiedene Eisen durch Aufhören des Magnetfeldes abfallen. Bei der Anordnung der Firma Ferdinand Steinert, Cöln, bei welcher das Magnetfeld selbst rotiert, erfolgt die Entfernung des ausgeschiedenen Eisens durch Abstreifer.

Verwendet werden diese Apparate zur Entfernung des als Verunreinigung vorkommenden Eisens aus allen Mahl- und Preßgütern (Getreide- und Ölsaaten usw.), ferner bei Stein-, Braunkohlen und Kalisalzzerkleinerungsanlagen, sowie zur Trennung von Metallgemischen usw. usw. Eine in den letzten Jahren an Wichtigkeit zunehmende Bedeutung erhalten sie durch die Aufbereitung alter Stahlwerksschlackenhalden, deren Eisengehalt (teils reines Eisen, teils hochmagnetische Eisen-Oxyd- und Silikatverbindungen) eine äußerst vorteilhafte Scheidung zuläßt. Für letztere Zwecke besonders geeignet sind die Stahlmantelseparatoren des Magnetwerks (G. m. b. H.) Eisenach.

Die 2. Klasse von Magnetscheidern dient zur Trennung schwachmagnetischer Materialien. Es sind Apparate mit engen magnetischen Luftwegen, um eine sehr hohe Sättigung in denselben zu erzielen, durch welche das Scheidegut geführt wird.

Eine hohe Vollkommenheit haben die Konstruktionen der Fr. Krupp A. G., Grusonwerk, Magdeburg, durch Verwendung der Ullrichschen Patente erlangt. Es sind hier zu nennen die D. R. P., Kl. 1, Nr. 248 679, 228,913, 230 037, 238 352, 247 985, 251 211.

Außerdem baut solche Scheider die Maschinenbauanstalt Humbold, Cöln-Kalk, unter Verwendung der D. R. P., Kl. 1 b, Nr. 256 657, Kl. 1, Nr. 254 778 und ferner sind noch namhaft zu machen die Einrichtungen des Magnetwerks Eisenach.

Eine Unterklasse dieser Abteilung bilden die sogenannten „Naßscheider“, welche die Leichtbeeinflußbarkeit der in Suspensionen schwebenden Teilchen verwerten. Als Neuerungen sind hier anzuführen:

D. R. P., Kl. 1, Nr. 237 770 von Fr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg und D. R. P., Kl. 1, Nr. 250 080 von Maschinenbauanstalt Humboldt, Cöln-Kalk.

B. Elektrochemie.

VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Dr. H. Borns, London. — Akkumulatoren. Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann, Berlin.

Elemente.

Als Emil Fischer im Juli 1912 in Mühlheim am Rhein die Aufgaben des neuen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung erörterte, äußerte er sich überraschend günstig über Brennstoffketten. Die Sache wäre nicht nur theoretisch möglich, sondern es wären in jüngster Zeit aussichtsreiche Beobachtungen in dieser Richtung gemacht worden. Der Praktiker mag annehmen, daß diese Frage, deren Lösung schon vor 20 Jahren bevorzustehen schien, kaum fortgeschritten sei. Der Ausspruch Fischers beweist indessen, daß es sich zurzeit nur noch darum handelt, durch systematische Versuche die günstigsten Verfahren zu ermitteln.

Bis zum Oktober des Jahres 1912 wurde eigentlich nur eine einschlägige Arbeit veröffentlicht und zwar von Franz Fischer und R. Lepsius[1]). Anschließend an Bechterew schmelzen sie Ätznatron in einem Tiegel aus Eisen oder Nickel, welcher nicht selbst als Elektrode dient; die Elektroden sind in die Schmelze eintauchende Stäbe aus Kohle und aus dem Eisenoxyduloxyd der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron. Bei offenem Stromkreis beobachten sie bei 350, 450, 550° 0,6, 0,7, 0,8 V; bei 550° sank die Spannung auf 0,6 V, wenn der Stromkreis durch 10 Ohm geschlossen wurde, und dann blieb die Stromstärke stundenlang konstant. In dieser Beziehung zeichnet sich die Zelle vor anderen vorteilhaft aus. Allerdings betrug die Stromstärke nur 60 Milliampere und die Forscher wollten zunächst eine Brennstoffkette für Vorlesungsversuche zusammenstellen, für die sich die Anordnungen von Jacques und von Liebenow und Strasser nicht eigneten. Durch Einblasen von Luft wurde die Depolarisation gefördert. Baur und Ehrenberg haben in ihren Brennstoffketten höhere Spannungen erreicht.

Die Abhandlungen von A. Berthier[1a]) über Ketten mit verflüssigten Gasen sind vorläufig nur Studien der elektrischen und anderen Eigenschaften verflüssigter Gase wie SO_2, HCl, HBr, HJ, H_2S, NH_3, auch H und O, C_2H_2, und ferner der Amalgame der Alkalimetalle. Er schlägt vor, die verflüssigten Gase und die Amalgame in Ketten zu verwenden, und zwar zur Stromerzeugung (z. B. auch in Akkumulatoren, in denen flüssiges Ammoniak das Alkali ersetzen soll), und zur synthetischen Darstellung von chemischen Verbindungen; eigene Versuche der Art scheint er nicht angestellt zu haben.

Daß sich die elektromotorische Kraft verwerten ließe, welche entsteht, wenn man verdünnte Salzsäurelösungen durch kapillare Röhren zwängt, ist unwahrscheinlich. A. Riéty[2]) hat seine Untersuchungen dieser Art fortgesetzt; eine zweite Abhandlung betrifft das Kontaktpotential zwischen Glas und Elektrolyt. Wie Quincke schon 1859 bei Versuchen mit schlechten Leitern (Wasser, Alkohol) bemerkte, sinkt die beobachtete EMK im Laufe eine Tages auf wenige Hunderttausendstel, oder höchstens Tausendstel-Volt; da das Potential aber von dem Druck und der Salzkonzentration abhängt und die Stromrichtung für Sulfate (Cu, Zn) mit der Flüssigkeitsströmung übereinstimmt und der für Nitrate und Chlorate entgegengesetzt ist, erscheint die Frage weiterer Untersuchung wert.

Vorläufig bleiben wir indessen auf die gewöhnlichen galvanischen Elemente angewiesen. Die Frage der Prüfung der Trockenzellen hatte die American Electrochemical Society auf Grund mehrerer Vorträge einem Ausschuß überwiesen. Amerika soll 1911 über 40 Millionen Trockenzellen geliefert haben. Der Ausschuß[3]) — C. F. Burgess, J. W. Brown, F. H. Loveridge, C. H. Sharp — fand es sehr schwierig, die Interessen der Verbraucher von wenigen und von vielen Zellen und die der Fabrikanten zu vereinigen; obwohl man Kurzschlußproben als für die Zellen nachteilig verwirft, beschreibt man sie in dem vorläufigen Bericht doch. Eine ähnliche Mitteilung von C. Hambuechen[4]) betrifft die Zellen der French Battery and Carbon Co. in Madison, Wisconsin, die er seit 1908 prüft, er betont die Bestimmung der elektrischen Arbeitsleistung (Wattstunden), die in den letzten Jahren in Amerika kaum verbessert war.

S. W. Melsom[5]) beschreibt die Prüfungen von Zellen der National Telephone Co. — welche 1911 mehr als 300 000 Trockenzellen in Gebrauch hatte — die er mit Unterstützung von J. Poole (von der Gesellschaft) im National Physical Laboratory vornahm. Es waren alles gewöhnliche Zellen vier verschiedener Sorten (eine der Sorten wird nicht mehr geliefert), die er auf vier (teilweise auf 7) Weisen prüfte. Am meisten empfiehlt er Entladung 5 Minuten lang, jede Stunde durch 50 Ohm, von 1,5 V auf etwa 0,9 V herunter. Diese Probe muß allerdings monatelang fortgesetzt werden, um den Wert der Zellen zu entscheiden. Da solche Prüfungen aber nur für wenige Zellen einer bestimmten Art erforderlich sind, und man sich auf den Fabrikanten verlassen muß, welcher eine gleichartige Ware liefern sollte, ist dieser Umstand nicht so bedenklich. Übrigens ergaben die anderen Proben dieselbe Reihenfolge der Zellenarten, wenn auch mit verschiedenen Wertziffern.

Die Depolarisation der Leclanché-Zellen durch den Sauerstoff der Luft studiert P. G. Nylén[6]). B. E. Jones[7]) hat ein Buch über praktische Zellkonstruktion veröffentlicht.

Die vor einigen Jahren deutlich werdende Abnahme der Zahl neuer Patente auf primäre Elemente hält an. Man sieht ein, daß die alten erprobten Typen nicht leicht übertroffen werden können. Anderseits beweisen die Zellen von Stefan Benkö, was noch durch Vereinfachung der Konstruktion und durch passende Hilfsmittel erreicht werden kann. Diese Zellen sind von W. R. Cooper[8]) geprüft worden, und werden auch von F. F. Renwick[9]) und A. Estelle[10]) besprochen. Die Kohle bildet einen zunächst offenen Zylinder oder engen Kasten, in welchen das Zink eingeschoben wird; die harte Kohlenkruste wird abgekratzt, um eine poröse Kohlenschicht zu erlangen, und ein Bleiboden wird unter Druck angeschmolzen, was man einfach dadurch erreicht, daß man den Zylinder 2 cm tief in Bleischmelze eintaucht. Oben an den Rand wird ein Bleiring angefügt und Bleiblech sodann oben und unten so mit dem Blei verlötet, daß man eine äußere, sehr enge und eine innere Kammer erhält. Das Elektrolyt wird unter hydrostatischem Druck in die äußere Kammer eingeführt und tritt durch die Kohle in die innere Kammer, um schließlich durch ein nach oben gebogenes Rohr abzufließen. Um Verstopfungen durch Kristalle zu vermeiden benutzt man Natrium- (nicht Kalium-) Chromat als Elektrolyt. Die Spannung soll 1,5 V, sogar 2 V betragen, und Ströme von 10 A/dm^2 kann man stundenlang entnehmen; das Elektrolyt bleibt in Strömung und zur Erlangung größerer Stromstärken schaltet man mehrere Zellen mit gemeinschaftlicher Bleihülle parallel.

Nach der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron[11]) läßt sich das erschöpfte Mangansuperoxyd nicht unmittelbar durch den Luftsauerstoff regenerieren, und wenn man Chlor in die kohlenhaltige Suspension des Braunsteins in Wasser leitet, wird Sauerstoff frei und es bildet sich Zinkchlorid. Wenn man aber erwärmt und die Chlorzufuhr passend regelt, entsteht Zinkhypochlorit, welches das Manganoxyd wieder in Superoxyd überführt, so daß alle ursprünglichen Bestandteile, auch Ammonium- und Zinkchlorid, wiedergewonnen werden.

Man kann die erschöpfte Masse auch zweimal auslaugen, erst mit Wasser, wobei man die Chloride gewinnt, und dann mit Salzsäure. Letztere zieht neben etwas Zinkchlorid das Mangan als Chlorür aus, das dann durch Permanganat oxydiert wird.

[1]) Fischer u. Lepsius, Ber. Dtsch. Chem. Ges. 1912, p. 2316—7. — [1a]) Berthier, Lumière él., T. 17, p. 355—63, 390—7, T. 18, p. 7—12. — [2]) Riéty, Comptes rendus, vol. 154, p. 1217, 1411—4. — [3]) Transact. Am. Elchem. Soc. Vol. 21, p. 275—96. — [4]) Hambuechen, Ibid, p. 287—302, 2 fig. — [5]) Melsom, Trans. Faraday Soc., Vol. 8, p. 1—19. — [6]) Nylen, Svensk. Kemisk. Tidskr. 1912, p. 12—3. — [7]) Jones, Electric Primary Bateries. A Parctical Guide. Their Constructions and Use. 160 p. 91 fig. New-York, Cassell. — [8]) Cooper, Trans. Faraday Soc., Vol. 7, p. 246—8. — [9]) Renwick, Photo-Jl., Vol. 36, p. 249—50. — [10]) Estelle, Tekn. Tidsskr. 1912, p. 39—41. — [11]) DRP. 242 795.

Akkumulatoren.

Über Herstellung und Bauart der Akkumulatoren ist wesentlich Neues aus dem Jahre 1912 nicht zu berichten. Es haben sich im Laufe der Jahre und unter den verschiedenen Anforderungen, welche die Praxis stellt, gewisse Einheitsmodelle herausgebildet, wie sie am besten den wirtschaftlichen und technischen Bedingungen entsprechen, unter denen die Akkumulatoren heute zu arbeiten haben.

Zwei Vorschläge waren es besonders, welche nicht nur das Interesse der Fachleute, sondern, da sie schnell in die breite Öffentlichkeit drangen, auch weitere Aufmerksamkeit auf sich lenkten. Beide zielen darauf ab, Akkumulatoren-Platten in verbesserter Form herzustellen, und zwar will M. U. Schoop Platten durch ein Spritzverfahren anfertigen, während Hannover eine besondere Methode zur Herstellung sehr porösen Bleies bekanntgab.

Schoop[1]) zerstäubt durch eine Düse flüssiges Metall, in diesem Falle Blei, das sich dann auf einem vorgehaltenen Gegenstand als fester Überzug niederschlägt. Der Überzug soll angeblich eine Dichtigkeit besitzen höher als das spezifische Gewicht des gegossenen Metalles. Auf diese Weise will der Erfinder Aluminiumbleche oder Kohlenplatten oder nicht leitende Körper wie Zelluloid mit Blei überziehen und so leichtere Akkumulatorenplatten erzeugen. Praktische Ergebnisse liegen indessen, soweit dem Referenten bekannt, noch nicht vor.

Hannover, Kopenhagen, beschäftigte sich mit der mikroskopischen Untersuchung von Metallen. Bekanntlich bildet jedes erstarrte Metall, das aus Legierungen verschiedener Schmelzpunkte besteht, keine homogene Masse, sondern es finden sich darin mikroskopische Komplexe von reinem Metall vor und solche, welche als eutektische Mischung anzusehen sind und also einen niedrigeren Schmelzpunkt besitzen als die reinen Metalle. Wird ein aus Legierungen bestehendes Metallstück vorsichtig wieder erhitzt, so schmelzen zuerst diejenigen Stellen, deren Zusammensetzung dem eutektischen Gemisch entspricht. Gelingt es nun — und dafür schlägt Hannover Methoden vor —, die flüssig gewordenen Teilchen aus der Metallmasse zu entfernen, so bleibt ein sehr poröses Skelett, bestehend aus hochprozentigem Metall übrig. Dieses Verfahren wendet Hannover auch an zur Herstellung von Akkumulatorenplatten, indem er eine Blei-Antimon-Legierung in der oben angedeutenden Weise behandelt, um nach Ausschleuderung des eutektischen Blei-Antimon-Gemisches zu einer auffallend porösen Bleiplatte zu kommen.

Es gelangten nun verschiedene Nachrichten an die Öffentlichkeit, die es vermuten ließen, Hannover erwarte von seinem Akkumulator Leistungen, wie sie theoretisch überhaupt nicht erreichbar wären. Eine Diskussion, die sich an diese verstreuten Veröffentlichungen knüpfte[2]), ergab, daß Hannover die von ihm genannten Zahlen nicht auf das Elementgewicht, sondern auf das Plattengewicht bezog, und daß darum seine Angaben innerhalb theoretisch möglicher Grenzen lagen.

Gegen die Hoffnungen von Hannover wurden von vornherein von fachmännischer Seite Bedenken geltend gemacht, die vor allen Dingen betonten, daß die Kapazität eines Akkumulators nicht nur von seiner Oberfläche abhängt, sondern auch von der Diffusionsgeschwindigkeit, die aber bei weitgetriebener Oberflächenunterteilung und deshalb bedeutender Verengung der Poren stark beschränkt wird[3]). Zudem dürfte auch die praktische Ausgestaltung der nach den Vorschlägen von Hannover hergestellten Platten noch beträchtliche Schwierigkeiten bieten. Es ist darum nicht zu verwundern, daß vor der Hand von einer Einführung dieser Art Akkumulatoren noch keineswegs gesprochen werden kann.

Erwähnt seien dann weiter einige Vorschläge, die mehr die Behandlung von Akkumulatorenplatten oder deren Formation betreffen. So arbeitete G. Schleicher[4]) über die Schnellformation mit Hilfe von Chlorat bzw. Perchlorat und gibt auch eine Theorie dieser Formationsmethode.

Askenasy und v. Putnoky[5]) veröffentlichten eine Untersuchung über negative Bleisammler-Platten, bei welchen die Bleigitter mit einem Bleioxyd-Schwefelsäurebrei pastiert werden und zwar zum Teil ohne Zusatz zu der Masse, zum Teil unter Beimengung einer Treibsubstanz, die gegen verdünnte Schwefelsäure indifferent ist. Dauerversuche zeigten dann, daß der Rückgang in der Kapazität bei negativen Platten mit Treibsubstanz viel geringer war, als bei denen ohne Zusätze, eine Feststellung, die in der Praxis indessen schon lange Zeit bekannt ist, so daß heute wohl kaum Platten ohne Treibsubstanz am Markte sein dürften.

Einige Veröffentlichungen beschäftigen sich dann mit Methoden, um Platten, bei denen die Masse sulfatiert ist, wieder in normale, wirksame Masse überzuführen. Als Lösung wurde, wie schon früher wiederholt, Natriumsulfat vorgeschlagen[6]). Große praktische Bedeutung haben diese alten Vorschläge auch heute nicht, da die vorgeschlagenen Methoden sich nur für kleinere Elemente ohne zu große Unbequemlichkeit durchführen lassen, und die Akkumulatorentechnik andere, bequem und sicher arbeitende Methoden zur Behebung dieser Störung kennt.

Um negative Akkumulatorenplatten geladen versenden zu können, ohne daß sie während des Versandes sich oxydieren und ihre Ladung verlieren, wird von einer englischen Firma, Akkumulatoren-Gesellschaft m. b. H. Bakewell, England[7]), vorgeschlagen, die Platten gleich nach dem Herausheben aus dem Ladebad in luftdicht schließende Kästen zu verpacken, die dann nach Verschluß sofort evakuiert und versiegelt werden sollen. Falls die Methode an sich brauchbar ist, läßt sie sich so doch nur für kleinere Einzelsendungen, nicht aber für den Großbetrieb verwenden.

In diesem Zusammenhang seien noch zwei theoretische Untersuchungen erwähnt. Eine Arbeit ist von Hibbert[8]) über den Nutzeffekt und die Kapazität der Akkumulatoren in Abhängigkeit von Säuredichte und Temperatur, die andere von Hobel[9]), welcher eine genaue Methode vorschlägt, um das Wachsen und Schwinden der Elektroden während der Ladung und Entladung direkt verfolgen zu können.

Einige neuen Schaltungen werden außerdem vorgeschlagen, die eine von R. Edler[10]) für Dreireihenladung ohne Spezialschalter, die andere von Schröder[11]) und eine dritte von Schnitzler-Bochum[12]). Die beiden letztgenannten Schaltungen haben den Zweck, die Regulierzellen, die beim Akkumulator weniger arbeiten als die Stammzellen und dadurch allmählich Kapazität verlieren, abwechselnd zur Entladung mit heranzuziehen.

Außerdem sei hier noch ein neues kleines Handbuch über Akkumulatoren erwähnt, das in der Sammlung von Göschen erschienen ist, herausgegeben durch Regierungsrat Albrecht[13]); das Buch gibt einen knappen und sehr guten Überblick über Theorie und Herstellung der Akkumulatoren.

Fredenhagen[14]) veröffentlicht eine Arbeit, in welcher er die Fortschritte im Akkumulatorenbau behandelt, sowohl die Bleizellen als auch besonders aus-

führlich die alkalischen Zellen bespricht. Fredenhagen gibt zunächst eine theoretische Behandlung beider Sammlerarten, außerdem vergleichende Kurven über den Verlauf der Entladespannung, sowie über das Verhalten verschiedener Elektroden. Ausführlich behandelt er dann den Nutzeffekt und kommt zu dem Ergebnis, daß man beim Blei-Akkumulator mit einem Nutzeffekt bis zu 75%, beim Edison-Akkumulator dagegen mit nicht mehr als etwa 50—60% rechnen kann. Die Leistung für 1 kg Gewicht beträgt bei schweren stationären Blei-Akkumulatoren etwa 8 WSt., bei modernen Traktionszellen bis zu 32 WSt. Beim Edison-Akkumulator älterer Konstruktion hat man für 1 kg Zellengewicht etwa 25—26, für die neuen Zellen etwa 31—34 WSt. auf 1 kg zu rechnen. Als Hauptvorteil des Edison-Akkumulators hebt auch Fredenhagen große Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und schlechte Wartung hervor. Wo demnach der schlechte Nutzeffekt des Edison-Akkumulators nicht erheblich ins Gewicht fällt, dagegen die erwähnten Vorteile besonders bedeutungsvoll erscheinen, ist er in der Lage, dem Blei-Akkumulator Konkurrenz zu machen.

Eine besondere Arbeit über alkalische Zellen wurde durch Holland[15]) veröffentlicht, eine Arbeit, die wohl dem Edison-Laboratorium direkt entstammt und sich besonders mit der Frage beschäftigt, welchen Einfluß tiefe Temperaturen auf alkalische Elemente, speziell den Edison-Akkumulator ausüben. Es gibt eine bestimmte kritische Temperatur, variierend mit der Entladestromstärke, unter welcher die Kapazität des Edison-Akkumulators auf einen sehr niedrigen Wert fällt. Da diese kritische Temperatur für normale Entladungen schon bei etwa + 12° C. liegt, so ergibt sich daraus die Notwendigkeit, alkalische Zellen vor Temperaturausstrahlungen zu schützen und die Wagenschuppen zu erwärmen, falls man nicht die Erwärmung durch den Ladestrom selbst vornimmt.

Einige Veröffentlichungen liegen ferner vor über den Jungner-Akkumulator. So berichtet H. Lübeck[16]) ausführlich über die charakteristischen Eigenschaften dieser Zellen und gibt auch eine große Anzahl von Kurven über ihre Wirkungsweise.

Die Verwendung von Jungner-Zellen für Unterseeboote bespricht B. Zander[17]) und gibt dabei auch eine Beschreibung dieses Akkumulatoren-Typs.

Endlich wird in Veröffentlichungen von J. A. Montpellier[18]) der neue alkalische Eisen-Nickel-Akkumulator von Paul Gouin besprochen. Von dem Edison-Akkumulator unterscheidet sich dieser Akkumulator vor allem durch die Konstruktion seiner Platten. Die Negativen bestehen aus einem gazeartigen Gewebe von Eisendraht, das nach besonderem Verfahren oxydiert wird; auf die negative Platte ist keinerlei aktive Masse aufgetragen. Die positiven Platten sind Röhrchen-Platten, ähnlich dem Edison-Akkumulator. Als Nickelverbindung wird hier Nickel-Hydroxyd verwandt. Über Einführung in die Praxis sind von diesem Akkumulator noch keine Nachrichten in die Öffentlichkeit gekommen.

Anwendung der Akkumulatoren. Wie schon in den unmittelbar vorhergehenden Jahren macht sich eine bemerkenswerte Verschiebung in den Anwendungsgebieten des Akkumulators geltend. Etwa in den ersten 20 Jahren, seitdem Akkumulatoren gebaut wurden, benutzte man sie in erster Linie als stationäre Sammler, meist für Gleichstrom-Licht- und Kraftanlagen jeder Art und Größe. Hingegen war der Umsatz in transportablen Akkumulatoren zu der Zeit im ganzen recht gering. Während nun die Verwendung für stationäre Akkumulatoren, die anfangs rasch anstieg, in ein langsameres Stadium des Wachsens getreten ist, beginnen die transportablen Akkumulatoren sich je länger je mehr Anwendungsgebiete mannigfachster Art zu erobern. Dieser Umschwung hängt eng mit der gesamten Entwicklung der Elektrotechnik zusammen. Immer mehr, mit Ausbreitung der Überlandzentralen, verschwinden kleinere Anlagen zur Erzeugung von Licht oder Kraft und infolgedessen entfallen naturgemäß auch die Akkumulatoren vieler kleinerer Anlagen, während hingegen größere nicht in dem Maße entstehen, da die Überlandzentralen mit Wechselstrom betrieben werden, also eine Benutzung von Akkumulatoren hier erschwert ist. Wo indessen Gleichstromnetze

im Bereich der Überlandzentralen schon bestehen, behält man sie und mit ihnen die Akkumulatorenbatterie fast immer bei, formt also den Wechselstrom in Gleichstrom um. Die Akkumulatoren helfen dann wirkungsvoll über den schwachen Punkt der Überlandzentralen hinweg, der zweifellos darin liegt, daß wichtige Verteilungsnetze ausschließlich an langen Überlandleitungen hängen, die naturgemäß leicht Unterbrechungen ausgesetzt sind.

In den Vereinigten Staaten hat sich eine besondere Anwendungsform der Akkumulatoren als „Stand-by-battery" oder Not-Reserve-Batterie herausgebildet. Diese Batterien haben den Zweck, bei plötzlichen Unterbrechungen das Netz zu speisen; an dem normalen Betriebe der Stromlieferung aber sind sie nicht beteiligt. In New-York stehen 49 solcher Stand-by-Batterien mit 158 000 Ampere-Stunden einstündiger Leistung[19]). Ebenso wird berichtet[20]), daß für Baltimore eine derartige Batterie aufgestellt sei, die aus 152 Elementen besteht und 44 000 A während 6 Minuten oder 11 000 A während einer Stunde liefern soll. Die Batterie hat ein Gesamtgewicht von 616,5 t. Es wird dazu bemerkt, daß diese Akkumulatoren-Batterie die größte Einzel-Batterie-Anlage der Welt sei; doch ist diese Angabe nicht zutreffend, da eine Batterie in Rio de Janeiro 288 Elemente bei einem einstündiger Entladestrom von 10 900 A besitzt. Not-Batterien, allerdings nicht eigentlich stationären Charakters, beginnt man seit dem letzten Jahr noch für Schiffe in Anwendung zu bringen, nachdem das traurige Unglück der „Titanic" gezeigt hatte, wie wichtig es ist, elektrische Energie bis zum letzten Augenblick auf einem untergehenden Schiffe, auf dem die Maschinen nicht mehr arbeiten können, noch zu besitzen[21]).

Seinerzeit war es ein bedeutender Fortschritt, daß man bei Maschinenanlagen mit stark wechselnder, stoßender Belastung Akkumulatoren für sogenannte Pufferbatterien einstellte, um die Maschinen vor plötzlichen Überlastungen zu schützen und die Netzspannung möglichst gleichmäßig zu halten. Im Laufe der Zeit aber steigerten sich die Ansprüche; es wurden deshalb besondere Puffermaschinen und Schaltungen ausgearbeitet, die in Verbindung mit der Batterie dazu dienen sollen, einen noch besseren Ausgleich zu bewirken. Wie gut diese Aufgabe gelöst ist, zeigt der in Wien gehaltene interessante Vortrag von L. Schröder[22]) über Pufferversuche mit Pirani- und Lancashiremaschinen.

Versuche mit elektrisch betriebenen Hauptschachtförderanlagen wurden unter Verwendung von Akkumulatoren zum Spitzenausgleich angestellt[23]). Ebenso gab Rankin[24]) einen zusammenfassenden Bericht über die bisher für Pufferungen angewandten Maschinen und Schaltanlagen.

Seit einer Reihe von Jahren hat man besonders in den Küstenländern versucht, kleine Wind-Elektrizitätswerke zur Einführung zu bringen, bei denen natürlich auch Akkumulatorenbatterien verwandt werden müssen. Diese Anlagen sollen sich bis jetzt gut bewährt haben[25]).

Weit zahlreicher sind aus dem schon erwähnten Grunde die Berichte über transportable Akkumulatoren verschiedenster Art im gleichen Jahre; schon eine Statistik dieser Berichte würde zeigen, wie sehr sich das Interesse der Fachwelt der Verwendung dieser Akkumulatoren zuwendet.

Ein ganz neues Gebiet für transportable Akkumulatoren wurde in Deutschland durch die Einstellung der sogenannten Akkumulatoren-Triebwagen erschlossen. Diese Triebwagen sollen in erster Linie der Verdichtung des Vorortverkehrs auf den Vollbahnen dienen. Nach einem Vortrage des Berichterstatters[26]) auf dem Internationalen Elektrotechniker-Kongreß in Turin betrug damals die Zahl der in Betrieb befindlichen oder in Auftrag gegebenen Akkumulatorenwagen 135, der Arbeitsvorrat 120 Kilowattstunden, mit denen die Triebwagen eine Strecke von 100 km bei einer Geschwindigkeit von 60 km pro Stunde zu durchfahren vermögen.

Wahrscheinlich angeregt durch die guten Ergebnisse auf den Preußischen Staatsbahnen hat man seit kurzer Zeit in den Vereinigten Staaten auch versucht, Triebwagen in größerem Maße zur Einführung zu bringen[27]), trotzdem sie sich

wegen ihrer eleganten Innenausstattung dort teurer stellen[28]). Um auch Triebwagen mit alkalischen Zellen liefern zu können, ließ Edison einen, unter Anwendung von Stahlblechkonstruktionen besonders leicht gebauten Wagen herstellen[29]). Wie weit er Erfolg gehabt hat, läßt sich bis jetzt aus der Literatur nicht ersehen.

Eine recht interessante Anwendung hat der elektrische Sammler als „accumulator redivivus" neuerdings in den Vereinigten Staaten wieder zum Betrieb von Akkumulatoren-Straßenbahnwagen gefunden. In verschiedenen amerikanischen Städten, so vor allem in New York, liegen besondere Verhältnisse vor, die in manchen Straßen Anwendung von Oberleitungen sowohl, wie von unterirdischer Stromzuführung nicht gestatten. Um daher mit dem dort noch gebräuchlichen Pferdebetrieb aufzuräumen, griff man wieder zu Akkumulatorenwagen, die sich, wie aus den Nachbestellungen, sowie aus den Betriebsberichten zu ersehen ist, mit Bleiakkumulatoren gut bewährt haben[30]). Bei der Third Avenue Railway Company laufen jetzt 65 Akkumulatorenwagen, die eine Höchstgeschwindigkeit von 24,1 km/Stunde besitzen und dabei einen Energie-Verbrauch von 37—44 Watt-Stunden für das Tonnenkilometer haben. Es wurden auch gründliche Versuche mit gasolinelektrischen Wagen angestellt, indessen waren Betriebs- und Unterhaltungskosten zu hoch, so daß man dieses System endgültig aufgeben mußte.

Weit zahlreicher als bei uns in Deutschland sind in den Vereinigten Staaten die Elektromobile eingeführt; das wird auch schon auf den ersten Blick dann klar, wenn man die verhältnismäßig spärliche Literatur durchsieht, die in Deutschland auf diesem Gebiete erscheint, gegenüber den zahllosen Veröffentlichungen, die fast in jeder Nummer der einschlägigen Fachblätter Amerikas zu finden sind, ganz abgesehen allein von der Tatsache, daß bereits eine Spezial-Zeitschrift dort herausgegeben wird, deren Arbeitsgebiet ausschließlich die Elektromobile darstellen.

Beckmann[31]) machte in dem schon angezogenen Vortrag ausführliche Angaben über die Verbreitung der Elektromobile in Amerika. Von Chicago wurde berichtet, daß dort die Elektromobile „as thick as flies" auf den Straßen anzutreffen seien[32]). Man schätzt in dieser Stadt die Gesamtzahl der elektrisch betriebenen Automobile auf 2000—2500[33]). Im Staate New York wurde die Zahl aller elektrisch betriebenen Wagen sogar auf 7000 angenommen. Auch in kleineren Städten, wie z. B. in Oklahoma, einer Stadt von 86 000 Einwohnern, laufen 300 Elektromobile und in Erie mit 75 000 Einwohnern sind 400 Luxus-Automobile in Betrieb[34]).

Neben den Luxuswagen, vor allen den Selbstfahrern, ist es besonders der elektrische Lastwagen, der in Amerika große Fortschritte macht, von dessen Einführung man sich aber auch in Deutschland viel verspricht, wenn auch hier die ganze Entwicklung noch im Anfangsstadium begriffen ist.

Die Zahl der elektrischen Lastwagen, die etwa bis Ende 1911 in den Vereinigten Staaten liefen, wurde auf etwa 7000 geschätzt[35]), während die Luxuswagen, vor allen Dingen Selbstfahrer, wohl mit 15 000 Wagen nicht zu hoch eingeschätzt sind. Man erwartet mit Bestimmtheit, die Zahl der elektrischen Lastwagen in nächster Zeit wesentlich erhöhen zu können, so sehr, daß man glaubt, schon in Bälde etwa ⅓ aller Lastwagen elektrisch angetrieben zu sehen[36]). Es gibt in Amerika eine beträchtliche Anzahl von Transportgesellschaften, Brauereien und dergleichen, die 50 und mehr, bis zu 135, eine sogar 230, eine andere 250 Elektromobile im eigenen Betrieb laufen haben[37]). Das sind Zahlen, die in Deutschland vorläufig ja wohl kaum erreichbar sind, die aber zeigen, wie hoch man in Amerika die elektrischen Wagen gerade zum Transport von Gütern einschätzt.

Eine große Anzahl amerikanischer Veröffentlichungen liegen vor über Wirtschaftlichkeit der elektrischen Wagen; in anerkennenswerter Weise hat besonders das Institute of Technology in Massachusetts[38]) eigene Versuche nach dieser Richtung angestellt und ebenso durch Rundfragen in der Praxis einen einwandsfreien Vergleich zu schaffen versucht. Nach den Veröffentlichungen dieses Institutes betragen die Gesamtkosten des elektrischen Lastwagens 81—83% von den Kosten eines mit Verbrennungsmotoren betriebenen Wagens gleicher Leistung.

Die Zahl der Artikel, die in amerikanischen Fachblättern weiter über die Rentabilität von elektrischen Lastwagen veröffentlicht sind, ist sehr beträchtlich. Nur einige davon seien hier in der Fußnote angezogen[39]).

Die weitgehende Einführung von Elektromobilen als Verkehrsmittel war in den Vereinigten Staaten nur dadurch möglich, daß man es in sehr geschickter Weise verstand, die interessierten Kreise mit allen Mitteln auf die Vorzüge der Elektromobile hinzuweisen[40]). Ebenso machte man immer wieder die Leiter elektrischer Zentralen darauf aufmerksam, daß sie durch Ladung von Elektromobilbatterien sehr ansehnliche Verbraucher bekommen, deren Stromentnahme äußerst gleichmäßig ist, und die sich außerdem durch entsprechende Tarife noch so festlegen läßt, daß sie in vorzüglicher Weise dazu dient, die Belastungsdiagramme der Zentralen auszugleichen. Hierdurch aufmerksam gemacht, haben sich überall im Lande Elektrizitätswerke bemüht, in ihrem Bereiche für Einstellung von Elektromobilen zu wirken und vor allem auch selbst elektrische Wagen in ihren eigenen Betrieb einzustellen, um dadurch die Öffentlichkeit auf diese Fahrzeuge aufmerksam zu machen[41]). Eines dieser Elektrizitätswerke verwendet sogar 100 Elektromobile im eigenen Dienst[42]). Auch die Fachzeitschriften, besonders die Electrical World, haben sich nach jeder Richtung bemüht, für Einführung von elektrischen Wagen zu wirken, teils durch Aufsätze, teils auch durch Rundfragen, die sie im ganzen Lande anstellten[43]). Um diese ganze Agitation systematisch einzurichten, hat man dann Electromobil-Clubs gegründet, eine allgemeine Electric Vehicle Association für ganz Amerika und ebenso Untergruppen in Boston und Chicago, die ihre regelmäßigen Sitzungen haben und hier alle wichtigen und in Frage kommenden Punkte behandeln[44]).

Wie schon bemerkt, hat die Entwicklung der Elektromobile in Deutschland wesentlich langsamer eingesetzt. Lastwagen sind erst in beschränkter Zahl eingeführt, wenn auch das Interesse dafür im vergangenen Jahre merklich angestiegen ist; weiter hat man eine Anzahl von Spezialwagen elektrisch betrieben, bei denen man mit übermäßig großem Aktionsradius nicht zu rechnen hat. So sind z. B. von den 226 Kraftfahrzeugen, die in Deutschland im Dienste der Feuerwehr stehen, 118 rein elektrisch betrieben[45]). Da, wo elektrische Feuerwehrfahrzeuge eingestellt sind, haben sie sich gut bewährt[46]). Besonders in Berlin und in Wien ist der elektrische Antrieb in weitem Maße zur Durchführung gekommen; nach dem letzten Bericht stehen in Berlin 33 elektrisch betriebene Fahrzeuge in Dienst.[47])

Kurz sei hingewiesen auf die mancherlei anderen Fahrzeuge im öffentlichen Dienst, wie Straßenwaschmaschinen[48]), Krankentransportwagen[49]), Postwagen[50]), Automobil-Omnibusse[51]), elektrische Droschken und ähnliche Fahrzeuge. In Berlin betrug am 1. Januar 1911 die Zahl der elektrischen Droschken 272 und ist inzwischen weiter angestiegen[52]). Im Stadtbetriebe sind die elektrischen Droschken wesentlich billiger, sauberer und angenehmer als die Benzinwagen[53]). Einen allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Elektromobile in Deutschland, auch unter Berücksichtigung der Kostenfrage, hat Wendt[54]) in einem Vortrage gegeben.

Die mit Akkumulatoren betriebene elektrische Lokomotive hat sich weiter im Fabrikbetriebe, vor allem im Grubenbetriebe, eingeführt. Vergleichende Kostenberechnungen mit Rücksicht auf andere Betriebskräfte sind an verschiedenen Stellen in der Literatur gegeben, auf die nur kurz verwiesen werden kann[55]).

Eine besondere Abart dieser Gruben-Lokomotiven ist die sogenannte führerlose Lokomotive, die sich im Grubenbetriebe besonders auf der Zeche von der Heydt bewährt hat und über die gute Betriebsergebnisse veröffentlicht werden[56]).

Eine reiche Literatur liegt vor über die Verwendung des Akkumulators in Unterseebooten. Sie hier zu erschöpfen, würde zu weit führen. Es sei nur erwähnt, daß man neuerdings bis zu Bootskonstruktionen von 1000 t und zu Motorstärken von mehr als 2000 PS übergegangen ist; die Boote erreichen eine Geschwindigkeit von 18 Knoten über Wasser. Im ganzen sind bis jetzt etwa 300

Unterseeboote in den verschiedenen Marinen der Welt im Betriebe[57]). Recht ausführlich wird die Frage der Anwendung von Unterseeboot-Akkumulatoren durch einen Vortrag von Bezzi[58]) behandelt, der indessen in manchen Punkten durch einen Aufsatz von Arnold[59]) richtig gestellt werden mußte.

Die elektrische Zugbeleuchtung führt sich allmählich in der ganzen Welt bei modern eingerichteten Bahnen ein. Nach einem Berichte[60]) sind von den 50 000 Personenwagen der Dampf-Eisenbahnen Amerikas etwa 11 000 elektrisch beleuchtet. Über die Zugbeleuchtung in England wird von Smith[61]) berichtet. Zusammenfassend und eingehend wurde die Zugbeleuchtungsfrage in einem sehr lesenswerten Buche von M. Büttner behandelt[62]).

Transportable Sammler von kleineren Abmessungen wurden zunächst versuchsweise, dann in etwas größerem Maße zum Betriebe von Stellwerken und Signal-Apparaten eingeführt[63]). Bis dahin wurden in diesen Anlagen vielfach Primärelemente benutzt; der Ersatz dieser durch Akkumulatoren eröffnet für kleine Typen ein nicht unbeträchtliches Anwendungsgebiet.

[1]) Schoop, El. Z. 1912, p. 335. — [2]) Hannover, El. Z. 1912, p. 490, 652, 837. — [3]) El. Z. 1912, p. 284. — [4]) Schleicher, Z. Elchemie 1912, p. 554. — [5]) Askenasy und v. Putnoky, Repertorien 1912, p. 476; Z. Elchemie 1912, p. 493. — [6]) Electrician (Ldn.), Vol. 67, p. 830; El. Anz. 1912, p. 834; Z. phys. Chemie 1911, p. 489. — [7]) Bakewell, El. Masch.-Bau 1911, p. 1078. — [8]) Hibbert, El. World, Vol. 59, p. 207; El. Rev., Vol. 70, p. 6. — [9]) Hobel, El. Anz. 1912, p. 79. — [10]) Edler, El. Masch.-Bau 1912, p. 566. — [11]) Schröder, DRP. 211 311. — [12]) Schnitzler, Helios 1912, p. 255. — [13]) Albrecht, Die Akkumulatoren für Elektrizität, Göschen. — [14]) Fredenhagen, Helios 1911, p. 577. — [15]) Holland, El. World, Vol. 58, p. 929. — [16]) Lübeck, Tekn. Tidsskr. 1912, p. 56, 65—9; El. Tidsskr. 1912, p. 113. — [17]) Zander, Tidsskr. J. Sjövaesendet 1912, p. 299—306. — [18]) Montpellier, Lum. él., Sér. 2, T. 16, p. 244—9. — [19]) El. World, Vol. 59, p. 1046. — [20]) El. World, Vol. 89, p. 1390. — [21]) El. World, Vol. 59, p. 879. — [22]) Schröder, El. Anz. 1911, p. 1288. — [23]) Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, p. 333. — [24]) Rankin, Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 273. — [25]) Allgem. Anz. Berg-, Hütten- u. Maschinenindustrie 1911, p. 304; Die Elektrizität 1912, p. 419. — [26]) Beckmann, El. Masch.-Bau 1912, p. 377. — [27]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 163. — [28]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 272; Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 346. — [29]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 129, 334, 335. — [30]) El. World, Vol. 59, p. 181; Railway El. Engin. 1912, p. 226; El. Railway Jl., Vol. 39, p. 118. — [31]) Beckmann, El. Masch.-Bau 1912, p. 377. — [32]) Central Station 1912, p. 353. — [33]) El. World, Vol. 59, p. 1073. — [34]) El. World, Vol. 59, p. 149, 349. — [35]) El. World, Vol. 59, p. 11. — [36]) Central Station, Vol. 12, p. 30. — [37]) El. Vehicle April 1912. — [38]) El. World, Vol. 59, p. 740. — [39]) The Electric Vehicle 1912, Februar, p. 16, (Truck reduces ice haul expense); März, p. 6, (Authority discusses relative merits of gas and electric power for moving); p. 10, (Recorders indicate feeling of confidence); p. 15, (Two years without overhauling); p. 16, (The New York Edison Co.); Juni, (Leistung eines Kohlenwagens der New England Coal & Coke Co. of Boston); Edison Monthly 1912, März, p. 9, (Ablieferungssystem der American Express-Company); El. World, Vol. 59, p. 885, (Electric Vehicle Possibilities); p. 1003, (Chicago Section, Electric Vehicle Association); p. 1071, (Electric Vehicle publicity at Boston); p. 1073, (Some electric vehicle data of Chicago);The Central Station 1912, Vol. 12, No. 1, p. 30, (The Electric commercial vehicle). — [40]) El. World, Vol. 59, p. 938, 1071. — [41]) Central Station 1912, p. 27, 295, 365, 367; El. World, Vol. 58, p. 498, Vol. 59, p. 525; El. Vehicle März 1912, p. 16; El. Rev. (Ldn.), Vol. 69, p. 799. — [42]) El. World, Vol. 59, p. 1214. — [43]) Central Station 1912, p. 27. — [44]) El. World, Vol. 59, p. 1003, 1051. — [45]) Feuer und Wasser 1912, p. 192. — [46]) Allgem. Automobil-Ztg. 1912, p. 30; Feuer und Wasser 1912. — [47]) Z. Mitteleurop. Motorwagen-Ver. 1912, p. 280. — [48]) Helios 1912, p. 2512; Die Elektrizität 1912, p. 417. — [49]) Berliner Tagebl. 31. III. 1912; Automobil-Welt 1911, Nr. 138, p. 3. — [50]) Automobil-Welt 1911, Nr. 143, p. 1. — [51]) Automobil-Betrieb 1912, p. 205. — [52]) El. Z. 1912, p. 168. — [53]) Techn. Rdsch. 1912, p. 237. — [54]) Wendt, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, p. 270. — [55]) AEG-Ztg., Mai 1912, p. 1—5; Glückauf 1912, Nr. 12, p. 12, 13, 17, 18; Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, p. 1374. — [56]) El. Kraftbetr. 1912, p. 51. — [57]) Revista Maritima 1911, p. 544; Schiffbau 1912, p. 1013. — [58]) Bezzi, Revista Maritima

1912, p. 149. — [59]) Arnold, Schiffbau 1912, p. 678. — [60]) El. Z. 1912, p. 33. — [61]) Smith, Railway El. Engin. 1912, p. 62. — [62]) Büttner, Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen, J. Springer, Berlin, 1912. — [63]) Das Stellwerk 1911, p. 153; 1912, Nr. 1 u. 2.

IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Prof. Dr. Stockmeier, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Geh. Regierungsrat Dr. F. Regelsberger, Berlin. — Herstellung chemischer Verbindungen. Von Dr. H. Borns, London.

Galvanoplastik.

C. W. Benett[1]) ist es gelungen, mit Hilfe einer Drehkathode, die 6000 Umdrehungen pro Minute ausführt und für fortlaufenden Betrieb eingerichtet ist, Kupfer von besonders hoher Zugfestigkeit niederzuschlagen. Das Metall fällt auf solchen zylindrischen Kathoden infolge der hohen Stromdichte (bis zu 300 Amp.) und der überaus raschen Rotation sehr dicht und feinkristallinisch aus, dabei aber zugleich sehr gleichmäßig und frei von jeglichen Einflüssen. Vorläufig haben die Versuchsarbeiten allerdings nur bei Kupfer günstige Resultate gezeitigt, bei Messing und Bronzeniederschlägen sind besondere Erfolge in bezug auf erhöhte Festigkeitseigenschaften noch nicht erzielt worden.

Das in Röhrenform abgeschiedene Kupfer hat neuerdings[2]) wegen seiner Reinheit und der Homogenität seines Gefüges vorteilhafte Anwendung zur Herstellung von Ätzplatten für den Schnellpressentiefdruck nach Mertens gefunden. Auch werden jetzt solche galvanoplastisch erzeugte Kupferwalzen bei dem Ratignierverfahren zur Herstellung von Imitationen feiner Textilgewebe wie Tüll und Spitzen aus Zelluloselösungen gebraucht, wobei diese Walzen nach entsprechender Gravierung als Preßformen dienen.

In dem Bestreben, das weiche Kupfer bei Clichéplatten durch härtere Metalle zu ersetzen, scheinen die Langbein-Pfannhauserwerke[3]) insofern Erfolg gehabt zu haben, als es ihnen nunmehr gelungen ist, auf direktem Wege brauchbare Galvanos aus starken Nickelniederschlägen zu erzeugen. Einzelheiten des Verfahrens sind nicht veröffentlicht; es wird lediglich erwähnt, daß eine besondere Wachskomposition zusammengestellt wurde, wodurch die Nickelschicht fest an der Form haften bleibt und sich nicht abrollt, und daß durch besondere Zusätze zum Bad eine harte, von Wasserstoffbläschen freie Nickelabscheidung ermöglicht wird.

Die gleiche Firma hat außerdem ein DRP.[4]) erhalten zur Herstellung von Schallplattenmatrizen. Auch hierbei wird das für Preßstempel zu wenig widerstandsfähige Kupfer durch Nickel ersetzt. Von der Originalaufnahme in Wachs wird in gewöhnlicher Weise eine Kupfergegenform angefertigt, auf der sich aus erhitztem Bad unter Anwendung hoher Stromdichten ein genügend starker Nickelniederschlag erzielen läßt. Die von diesem Nickelpositiv in gleichem Metall hergestellten Gegenformen brauchen nur durch Auflöten einer festen Unterlage versteift zu werden und können dann ohne weiteres als Preßmatrizen für Schallplatten dienen.

In den letzten Jahren sind wiederholt Vorschläge zum Ersatz des geschlagenen Blattmetalls durch künstliche Folien gemacht worden. F. Demel[5]) will solche Folien als galvanoplastische Edelmetall-Niederschläge auf große Aluminiumzylinder abscheiden. Die Walzen werden mit einer Klebstoffschicht versehen und diese dann durch Aufbürsten von Bronzepulver leitend gemacht. Die eigentliche Folie besteht aus einer elektrolytischen Silber- und Goldschicht; das Abtrennen des Metallblattes von der Walze geschieht durch Weglösen der Klebstoffunterlage.

St. Consigliere[6]) erzeugt dichte und porenfreie Metallüberzüge auf beliebig geformten Gegenständen dadurch, daß er die Metallabscheidung in einer rotierenden Trommel von prismatischer Form vornimmt und in das Bad eine Anzahl kleiner abgerundeter Körperchen gibt, die durch die Bewegung beständig gegen den Gegenstand geschleudert werden und so den Niederschlag glätten und homogen machen. Nach der Arbeitsmethode von F. M. Köhler[7]) werden biegsame und leicht zerbrechliche Gegenstände, wie Gummischläuche oder Asbestpackungen, zur besseren Steifung und Erhöhung der Widerstandsfähigkeit galvanoplastisch mit einer Metallschicht überzogen, ohne daß diese Metallauflage bei Ausdehnung des Unterlagmaterials abgesprengt wird.

[1]) Benett, 21. Versammlung d. Am. Elchem. Soc. El. World, Vol. 50, p. 1056; Chemikerztg., 36. Bd., p. 1013. — [2]) Elchem. Z., 18. Bd., p. 263. — [3]) Langbein-Pfannhauserwerke, Elchem. Z., 19. Bd., p. 53. — [4]) Langbein-Pfannhauserwerke, DRP. Kl. 42g Nr. 240332. — [5]) Demel, DRP. Kl. 48a Nr. 251053. — [6]) Consigliere, DRP. Kl. 48a Nr. 247168. — [7]) Köhler, DRP. Kl. 48a Nr. 241279.

Galvanostegie.

Es ist erfreulich, konstatieren zu können, wie mit der wachsenden praktischen Bedeutung der Galvanotechnik auch der wissenschaftliche Ausbau dieses Zweiges angewandter Elektrochemie stetig fortschreitet und wie damit mehr und mehr die vielfach nur nach empirischen Rezepten gehandhabten Arbeitsmethoden auf eine theoretisch gefestigte Grundlage gestellt werden.

So soll vor allem hier eine Arbeit von W. Freundlich und F. Fischer[1]) Erwähnung finden, die Aufklärung über den Einfluß von Colloidstoffen auf die elektrolytische Ausfällung von Blei zu schaffen sucht. Man hat schon seit längerer Zeit die Wirkung solcher, den Metallbädern zugesetzter Stoffe beobachtet und hat auch in einer Reihe von Fällen, sowohl für galvanotechnische Zwecke als auch bei der elektrolytischen Metallraffination praktischen Gebrauch davon gemacht. Die Struktur des Metallniederschlags wird bei Gegenwart von Colloiden viel feinkrystallinischer und dichter. Wenn man die elektrolytische Metallabscheidung als einen in 3 Stufen verlaufenden Vorgang auffaßt, so würde in der ersten Phase das Metallion, das nicht nur geladen, sondern auch als Hydrat zu denken ist, zunächst entladen werden, dann folgt die Umwandlung in das Metallatom unter Wasserabspaltung und daraus bildet sich in der dritten Stufe durch Krystallisationsvorgänge der Metallniederschlag. Ein Eingreifen der Kolloide in diesen Prozeß nimmt man als wahrscheinlich nur für den letzten Abschnitt der Metallabscheidung an. Die Kolloidkörper werden an den Metallteilchen absorbiert und vermindern die Krystallisationsgeschwindigkeit, was zur Folge hat, daß dichtere und kompaktere Ausfällungen entstehen. Eine Stütze findet diese Annahme, daß die Wirkung der Kolloide sich vor allem auf die Krystallisationsbedingungen äußert, in den Versuchsarbeiten der Verff., die sich außer auf die Beobachtung der elektrolytischen Bleifällung bei Zusätzen von verschiedenen Kolloidstoffen wie Gelatine, Dextrin usw., auch auf Abscheidung von Blei durch Zink ohne äußere Stromzufuhr erstreckten. Auch hierbei wurden stets feinere krystallinische Gebilde erhalten. — Weitere Arbeiten von theoretischem Interesse sind von M. de Kay Thompson[2]) veröffentlicht worden, der die Abscheidung von Legierungen oder überhaupt mehrerer Metalle aus einem gemeinsamen Bad studierte und zu diesem Zwecke komplexe Kupfersalze mit einer Reihe von Körpern herstellte. Allerdings scheinen greifbare Resultate in bezug auf den Ersatz von Cyanidbädern für solche Zwecke nicht erzielt worden zu sein. — E. Beutel[3]) hat die bisher bekannt gegebenen Rezepte für die sogen. ungiftigen Goldbäder einer kritischen Revision unterworfen und gelangte auf Grund genauer Untersuchung der chemischen Vorgänge in diesen ferrocyankalischen Bädern zur Aufstellung einer Formel für ein Normalbad. Ein Zusatz von Alkalicarbonat (Potasche) erscheint demnach zur richtigen Wirkung solcher Goldbäder unbedingt erforderlich zu sein. — Bei der großen Bedeutung,

welche der Borsäure als Bestandteil der meisten Nickelbäder zukommt, verdient eine Veröffentlichung von A. Wogrinz und J. Kittel[4]) über die Gehaltsbestimmung dieser Säure Beachtung. Verff. haben die bekannten analytischen Methoden durchgeprüft und empfehlen als genügend genau und für Betriebskontrollen nicht zu umständlich ein Titrationsverfahren unter Mannitzusatz.

Von der praktischen Seite der Galvanostegie kann gesagt werden, daß es auch im laufenden Berichtsjahre an Vorschlägen und Apparaturen zur Ausführung der Galvanisierungen nicht mangelte. Bei der Besprechung soll begonnen werden mit den Neuerungen, die sich auf die elektrolytische Vorbehandlung und Reinigung der Waren beziehen. So empfehlen J. D. Philipps und C. Hambuechen[5]) zum Reinigen von Silberwaren eine Vorrichtung in Gestalt zweier nebeneinander angeordneter Tröge, von denen einer das alkalische Elektrolyt, der andere die Waschflüssigkeit aufnehmen soll. Die zu putzenden Waren kommen in einen durchlochten Behälter aus stark elektropositivem Metall, der auch einen zinnernen Gittereinsatz trägt. Besondere Vorrichtungen ermöglichen, die Waren sehr rasch aus dem Reiniger in den Waschbehälter zu verbringen, damit ein Anlaufen der Gegenstände vermieden wird. J. Szirmay und V. Küffel[6]) beizen die Waren, namentlich solche mit einer Walzhaut, nacheinander zunächst in einem Bad mit Mineralsäuregemisch und dann im alkalischen Bad, wodurch eine Oxydschicht rasch und vollständig sich beseitigen läßt. Wenn es sich darum handelt, Schmuckwaren mit feinen Höhlungen und Kanälen zu dekapieren, so kann es leicht vorkommen, daß durch die in den Vertiefungen sitzenden Luftbläschen die Lauge nicht an alle Stellen der metallischen Oberfläche gelangen kann. Hiergegen will A. Daub[7]) Abhilfe schaffen, indem er die Waren in einen evakuierbaren Behälter bringt und das Austreiben der Luft mittels einer Pumpe noch durch Erwärmen befördert; dann erst wird die Entfettungslauge zugelassen.

Zum Galvanisieren von Massenartikeln wurde eine Reihe von neuen Apparatenkonstruktionen bekannt. R. Canning[8]) erhielt Patentschutz auf eine Warentrommel, die beweglich an einer schrägstehenden Welle angesetzt ist und die an den Elektrolysiertrog angeschraubt werden kann. Der Apparat von M. Reid[9]) hat als Neuerung einen kegelförmigen Anodenkörper, bestehend aus einer Anzahl übereinander gelegter Metallscheiben. Die Galvanisiertrommel von E. Nölle[10]) besitzt eine besondere Wandverkleidung aus Zelluloidplatten, wodurch ein Durchfallen und Festklemmen der kleinen Gegenstände vermieden werden soll. Für ganz kleine Waren, wie Nägel, Nieten usw., nimmt M. Hüttig[11]) einen Elektrolysiertrog aus Steingut, der geneigt steht und gedreht werden kann; die Elektroden sind feststehend von oben eingeführt, die Kathode wirkt gleichzeitig während der Rotation durch ihre schaufelförmige Gestalt als Rührer.

Das Überziehen von Blechen, Röhren und Drähten betreffen folgende Verfahren. L. Meyer[12]) wendet beim galvanisieren von Blechen nicht die üblichen plattenförmigen Anoden an, sondern gewölbte, die so den Blechen gegenüber eingehängt werden, daß der Abstand von Anode und Arbeitsstück am Rande größer ist als in der Mitte. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Metallauflage an den Rändern nicht stärker wird wie gegen die Mitte des Bleches. C. Lebert und E. Roscothen[13]) glätten Bleche und Platten, indem sie sie nach erfolgter Galvanisierung durch besonders konstruierte Bürstenwalzen laufen lassen. Mehrschichtige Metallüberzüge auf Blechen, die ev. auch als Folien abgezogen werden können, lassen sich nach einem Verfahren von F. M. Köhler[14]) herstellen. Zwischen den Metallschichten wird gleichfalls auf elektrolytischem Wege eine Erdalkalihydroxydfällung niedergeschlagen, die den Zweck haben soll, ein Ineinanderwachsen der Metallstrukturen zu unterbrechen. Solche Bleche lassen sich leicht verarbeiten, ohne daß beim Biegen ein Reißen oder Abblättern der Metallauflage zu befürchten ist. Zu erwähnen wäre ferner eine Vorrichtung zum Überziehen von Röhren nach H. E. Pucklitzsch.[15]) Sie besteht im wesentlichen aus einem flachen Elektrosiertrog mit zwei Transportschienen, die schraubenartig gerillt sind

und durch gegenseitig gerichtete Drehung das Arbeitsgut durch das Bad befördern.

Für Innenverzinkungen hat die Columbus-Elektrizitäts-Gesellschaft[16]) neue Anodenformen konstruiert. Der Kern dieser Anoden wird von einem gutleitenden Metall, wie Kupfer, gebildet, der Mantel besteht aus Zink. Sie werden senkrecht in die Röhren eingehängt und sind in ihrer ganzen Länge durch eine Hartgummispirale von dem zu überziehenden Rohr isoliert. Beim Gebrauch nützen sich derartige Anoden aber ungleich ab, und zwar an der Stromzuleitungsstelle stärker als am entgegengesetzten Ende. Daher wird neuerdings dem Anodenmantel eine schwach kegelförmige Gestalt gegeben, die man durch kathodische Metallabscheidung auf den Kern erzeugt. Am besten geschieht diese dem späteren verstärkten Verbrauch entsprechende Verdickung durch Anwendung eines Zinkrohres als Anode.

Nach dem Werthschen Verfahren arbeiten einige Rohrverzinkungsanlagen.[17]) Gleichfalls von F. Werth[18]) stammt ein Apparat zum Überziehen von Drähten, wobei diese zwischen rohrförmigen Anoden durch das Bad geführt werden.

Bei den Vorrichtungen von W. E. Gibbs[19]) und V. de Spruner-Mertz[20]) werden die Drähte in vielen kontinuierlichen Schleifen über Walzenpaare durch das Bad gezogen; ersterer schaltet außerdem zur Erzielung eines gleichmäßigen Querschnittes einen Zieh- und Streckapparat ein.

Im Anschluß hieran sollen in kurzen Umrissen die Arbeitsmethoden besprochen werden, welche zur Herstellung der einzelnen Metallniederschläge dienen. Die Schwierigkeiten, welche das Aluminium seiner galvanotechnischen Behandlung entgegensetzt, bringen es mit sich, daß von Jahr zu Jahr sich die diesbezüglichen Vorschläge vermehren. Noch immer ist das Problem nicht völlig befriedigend gelöst und schon hat F. Regelsberger[21]) in einem Aufsatz über die verschiedenen Methoden zum Überziehen von Aluminiumgegenständen 56 solcher Vorschläge registriert. Hierzu kamen im Laufe des Berichtsjahres noch einige. F. Burkert[22]) beizt die Waren in Königswasser, dem eine Lösung eines Schwermetallchlorids zugefügt ist, eventuell kann zur Verschärfung noch Flußsäure zu diesem Dekapierungsbad gesetzt werden; dagegen empfehlen E. und O. Becker[23]) Vorbehandlung durch kurzzeitiges Eintauchen in eine kochendheiße Lösung von Zyankali und Ammoniak und spülen mit einer Weinsäurelösung nach. Während nach beiden Verfahren die Gegenstände ohne weiteres mit dem gewünschten Metall überzogen werden können, wird bei den Vorschlägen der Harvey Electrochemical Co.[24]) und der Aluminiumgalvanisierungsgesellschaft[25]) auf dem Aluminium eine Zwischenschicht niedergeschlagen. Die Vorbehandlung führt die Harvey Co. in der Weise aus, daß die Waren zunächst in eine Ätzalkalilösung und dann in verdünnte Salpetersäure gelangen. Die Unterlagsschicht erhalten sie in einem Metallfluoridbad (Zinn oder Zink). Das Verfahren der letzteren Gesellschaft besteht in vorherigem Entfetten in alkalischem Bad und dem Auftragen einer Metallschicht in einem sogenannten Bindebad aus Kupfer- bzw. Zinkdoppelcyanid. Für dichte und guthaftende Verzinkungen soll sich nach Angaben von E. F. Kern[26]) eine Lösung von Chlorzink mit Natriumaluminiumchlorid gut eignen, die den Vorteil hat, daß bei einer hohen Stromdichte mit niedriger Spannung gearbeitet werden kann. C. Bianco[27]) empfiehlt ein Bad für Verzinkungen, das unbeschränkt haltbar und in seiner Konzentration stets gleich bleiben soll. Das Wesentliche an seiner Zusammensetzung ist nach Angaben des Erfinder der Gehalt an essigsaurem Natron. Zu Anreibeverzinkungen benutzt C. H. Burgess[28]) eine stark zinkhaltige Eisenzinklegierung, die nur ein sehr schwaches Potential besitzt, wodurch die Abnutzung des Überzugs infolge elektrischer Korrosion eine sehr geringe wird. Von A. Rosenberg[29]) kommt neuerdings eine Verreibmasse in den Handel, die das Niederschlagsmetall, entweder Zink oder Silber, in Pulverform enthält. Daneben besteht sie noch aus Magnesiapulver, einem in feuchtem Zustand als Leitsatz

dienenden Ammonsalz, sowie aus Talk oder Kreide, denen jedoch bei der Anwendung nur eine Putzwirkung zukommt. Für Zinnbäder gibt J. Matuschek[30]) eine Reihe von Rezepten an, von denen besonders der Zusatz von Eichengerbsäure bemerkenswert ist. Das gleiche Mittel soll bei einem Bleibad desselben Autors[31]) das Ausfallen schwammiger Niederschläge verhindern. In das Gebiet der Elektrolyteisenherstellung gehört ein Vorschlag von H. Planson und G. Tischtschenko[32]), die empfehlen nicht von einfachen Eisensalzen, sondern von Ferroalkalimischsalzen mit anorganischen oder organischen Säuren auszugehen.

Die elektrochemische Metallätzung hat neuerdings eine vorteilhafte Anwendung gefunden bei dem Streckerschen[33]) Stagmatypieverfahren. Während bei der rein chemischen Ätzung mit Eisenchlorid nur Kupfer als Grundmetall für die Druckplatten in Betracht kommen kann, ist es bei der Ausführung der Ätzung durch die elektrolytische Stromwirkung auch möglich andre Metalle zur Anwendung zu bringen, so vor allem das billige Zink und die wegen ihrer Härte bevorzugten Stahl- und Messingplatten. Außerdem wird im vorliegenden Falle bei der Stagmatypie eine Vereinfachung auch dadurch herbeigeführt, daß nur ein einziges Bad erforderlich ist, im Gegensatz zu den drei verschieden konzentrierten Eisenchloridbädern. Bei Ätzungen von Silber und silberhaltigen Legierungen liefert nach Angaben von L. Levinger[34]) ein Elektrolyt aus Cyankali mit Zusatz eines Aluminiumsalzes scharf umrissene Zeichnungen.

[1]) Freundlich u. F. Fischer, Z. Elchem., 18. Bd., p. 885. — [2]) Thompson, Met. Chem. Eng. 1912, p. 458; Chemikerztg., Rep., 36. Bd., p. 516. — [3]) Beutel, Z. angew. Chem. 1912, p. 995. — [4]) Wogrinz u. Kittel, Chemikerztg. 1912, p. 433. — [5]) Philipps u. Hambuecken, DRP. Kl. 48a Nr. 251 988. — [6]) Szirmay u. Küffel, DRP. Kl. 48a Nr. 251 989. — [7]) Daub, DRP. Kl. 48a Nr. 253 952. — [8]) Canning, DRP. Kl. 48a Nr. 246 188. — [9]) Reid, DRP. Kl. 48a Nr. 247 560; USP. 1 028 786. — [10]) Nölle, DRP. Kl. 48a Nr. 249 227. — [11]) Hüttig, DRP. Kl. 48a Nr. 243 819. — [12]) L. Meyer, DRP. Kl. 48a Nr. 251 763. — [13]) Lebert u. Roscothen, DRP. Kl. 48a Nr. 242 826. — [14]) Köhler, DRP. Kl. 48a Nr. 251 646. — [15]) Pucklitzsch, DRP. Kl. 48a Nr. 244 190. — [16]) Columbus-El.-Ges., DRP. Kl. 48a Nr. 242 939 und Zusatzpat. Nr. 244 518. — [17]) Helios 1912, p. 869, 961; Z. Elchem., 18. Bd., p. 438. — [18]) Werth, DRP. Kl. 48a Nr. 250 403. — [19]) Gibbs, DRP. Kl. 48a Nr. 251 055. — [20]) de Spruner-Mertz, DRP. Kl. 48a Nr. 244 582. — [21]) Regelsberger, Elchem. Z., 19. Bd., p. 181, 213. — [22]) Burkert, DRP. Kl. 48a Nr. 246 682. — [23]) E. u. O. Becker, USP. 1 014 560. — [24]) Harvey Electrochemical Co., DRP. Kl. 48a Nr. 251 057. — [25]) Aluminium-Galvanisierungs-Ges., DRP. Kl. 48a Nr. 242 142. — [26]) Kern, DRP. Kl. 48a Nr. 244 432; USP. 999 655. — [27]) Bianco, DRP. Kl. 48a Nr. 241 170. — [28]) Burgess, DRP. Kl. 48b Nr. 251 414; USP. 1 014 750 u. 1 014 751. — [29]) Rosenberg, DRP. Kl. 48a Nr. 242 114. — [30]) Matuschek, DRP. Kl. 40c Nr. 244 567. — [31])Matuschek, DRP. Kl. 40c Nr. 239 222. — [32]) Planson u. Tischtschenko, DRP. Kl. 18b Nr. 252 875. — [33]) Strecker, Z. f. Elektrochem., 18. Bd., p. 18, 159. — [34]) Levinger, DRP. Kl. 48a Nr. 252 526.

Elektrolytische Analyse.

Die Fortschritte der Elektroanalyse liegen hauptsächlich auf dem Gebiete der Schnellmethoden. Hier wären zu erwähnen die Arbeiten von F. Fischer[1]) gemeinsam mit C. Thiele und E. Stecher über Elektrolytbewegung durch Gaszirkulation. In der Zeitschr. f. Elektrochem. 1911, p. 905, wurden Bestimmungsmethoden veröffentlicht, bei welchen indifferente Gase z. B. Wasserstoff während der Abscheidung in den Elektrolysierbecher eingeleitet wurden. Diese Arbeitsweise ist jetzt abgeändert und vereinfacht worden, durch das Elektrolysieren unter vermindertem Druck. Die Flüssigkeitsbewegung besorgt hierbei nicht ein von außen zugeleitetes Gas, sondern die bei der Metallabscheidung auftretenden Gasblasen, die unter dem verminderten Druck, unterstützt durch schwaches An-

wärmen des Elektrolyts bis zum Sieden, ein energisches Rühren hervorbringen. Die Elektrolysierzelle ist durch einen Gummistopfen abgeschlossen und wird mittels einer Wasserstrahlpumpe evakuiert. Die Methode ist an Kupferlösungen erprobt und später auch auf die Bestimmung von Nickel und Zink sowie Trennungen zweier Metalle ausgedehnt worden. Bei Bleibestimmungen aus salpetersaurer Lösung liefert die Methode wegen des Abblätterns des Superoxydniederschlags von der Anode leicht ungenaue Resultate.

Im Anschluß hieran sei der neuen Rührerkonstruktion gedacht, die von Gebr. Raacke[2]) in Aachen stammt. Der Rührer ist glockenförmig gestaltet und trägt unten Flügel, die nach Art einer Zentrifugalpumpe wirken. Die Flüssigkeit wird durch die Rotation vom Boden des Elektrolysiergefäßes weggesaugt und radial nach oben durch die Doppelnetzelektroden geschleudert. Der Antrieb geschieht mit einem Elektromotor. Die Achse der Rührerglocke geht durch eine rohrförmige Öffnung nach unten durch die Elektrolysierzelle.

Spezielle Methoden zur Bestimmung einzelner Metalle wurden veröffentlicht von F. P. Treadwell[3]): Kupferbestimmung in Pyriten, von J. G. Fairschild[4]) über Bleifällungen; ebenfalls die Bestimmung von Blei mit Drahtnetzanoden behandelt eine Arbeit von B. Woiciechowski[5]).

O. Brunck[6]) hat über den Gebrauch des Edisonakkumulators in der Elektroanalyse berichtet und angegeben, daß er als Stromquelle überall dort vorteilhaft Verwendung finden kann, wo man mit begrenzter Spannung zu arbeiten hat. So wurden insbesondere Trennung und Bestimmung von Metallen, die in schwefelsaurer Lösung mit weniger als 1,36 V. abgeschieden werden können, wie Silber, Quecksilber, Platin usw., ausgeführt.

A. Thiel[7]) erwidert auf diese Veröffentlichung, daß auch er bereits analytische Arbeiten mit Edisonakkumulatoren als Stromquelle vorgenommen habe.

[1]) Fischer, Thiele u. Stecher, Z. Elchemie, 17. Bd., p. 906; 18. Bd., p. 809. — [2]) Raacke, DRP. Kl. 421 Nr. 243 761. — [3]) Treadwell, Chemiker-Ztg., 36. Bd., p. 961. — [4]) Fairschild, Jl. Ind. Eng. Chem., Vol. 3, p. 902; Chem. News, Vol. 105, p. 219; Chemikerztg., Rep., 36 Bd., p. 179. — [5]) Woiciechowski, Met. Chem. Eng., Vol. 10, p. 108; Chemikerztg., Rep., 36. Bd., p. 232. — [6]) Brunck, Z. angew. Chem., 24. Bd., p. 1993. — [7]) Thiel, Z. angew. Chem., 25. Bd., p. 46.

Elektrometallurgie.

Elektrothermische Verfahren.

Die Konstruktionsprinzipien für die Apparate zur industriellen Erhitzung sind im allgemeinen als feststehend zu betrachten. Grundlegende Neuerungen sind auch im Berichtsjahr nicht zu verzeichnen. Es handelt sich bei den vielen Verbesserungsvorschlägen lediglich um die Ausbildung von Einzelheiten zum Zwecke der weiteren Herabminderung der Betriebskosten. Natürlich sind es insbesondere die Länder mit starken und billigen Wasserkräften, Schweden, Norwegen, Südfrankreich, Oberitalien, Schweiz, in Nordamerika das Niagaragebiet und Kalifornien, oder bei Erzeugnissen, bei denen, wie beim Qualitätsstahl, die Wertsteigerung einen größeren Aufwand für elektrische Energie gestattet, der Sitz der Hochofenindustrie (Deutschland), wo die elektrothermischen Verfahren zu besonderer Ausbildung gelangen. Welch enorme Kraftquellen sich hier noch der Elektrotechnik bieten, zeigt z. B. ein Aufsatz von Brandell[1]), wonach die schwedischen Wasserkräfte auf 3 800 000, von einigen sogar auf 7 Millionen Pferdekräfte geschätzt werden, von denen zurzeit für die verschiedenen elektrischen Verwendungen 500 000 ausgebaut sind, während auf einen jährlichen Zuwachs von 100 000 installierten Pferdekräften gerechnet wird.

Über die einzelnen Ofensysteme, ihre Anwendbarkeit, ihre wirtschaftlichen

Verhältnisse geben zahlreiche, in den verschiedenen Fachversammlungen gehaltene und durch ihre Zeitschriften veröffentlichte Vorträge näheren Aufschluß.

Man ist bei Schachtöfen immer mehr dazu übergegangen, den eigentlichen Schmelzvorgang in den meist erweiterten Raum unter dem Schacht zu verlegen, die entweichenden Gase zur Vorwärmung und Reduktion der Beschickung auszunutzen und die Zuführung des Stromes wirtschaftlicher zu gestalten[2]).

Der Ofen von Nathusius[3]) hat eine Verbesserung dadurch erfahren, daß der Strom zu den Bodenelektroden noch durch besondere Zusatztransformatoren verstärkt und außerdem der Bodenbelag aus Leitern II. Klasse hergestellt ist. Die besondere Schaltung bei Mehrphasenöfen ist auch Gegenstand einer Reihe anderer Patente, so der Aktiebolaget Elektrometal[4]), der Société an. éléctrométallurgique, Procédés Paul Girod[5]), der Phönix A.-G. für Bergbau und Hüttenbetrieb[6]), von Stobie[7]), von Lambert[8]), der Jossingfjord Manufact. Co.[9]). Zur besseren Zündung des Lichtbogens bei solchen Raffinieröfen ordnet Massip[10]) einen Hilfspol an, der in normaler Lage des Ofens ausgeschaltet ist und durch Kippen des Ofens der vertikalen Elektrode näher gebracht werden kann; Grange[11]) gibt seinem Raffinierofen 2 unten kommunizierende Kammern und hängt ihn derart kippbar auf, daß der Abstand der Metalloberfläche von der einen vertikalen Elektrode stets der gleiche, also auch die Erhitzung gleich bleibt. Auf die eigenartige Verteilung der 3 Elektroden in Härdéns „Paragonofen"[12]) kann nur hingewiesen werden.

Man sieht bei Lichtbogenöfen auf intensive Wärmewirkung und unmittelbare Ableitung des Schmelzgutes, häufig mit sofortiger Abschreckung und Wegführung der Schlacke; so z. B. Reid[13]), Gonnet[14]), Patents Purchasing Co.[15]).

Stassano[16]) hat an seinem Strahlungsofen unter anderem behufs Durchmischung der Schmelze die drehende Bewegung des Ofens ersetzt durch eine schwingende mittels einer Art kardanischer Aufhängung bei schräger geometrischer Achse.

Auch die Verwendung der Schlacke oder eines besonderen Schlackenbades als Heizwiderstand ist wieder mehrfach aufgenommen worden; so Diamantinwerke Rheinfelden[17]), Westly[18]), Wile[19]).

Sehr zahlreich sind auch die Vorschläge, die sich auf Erhitzung kleinerer Mengen, also auf Schmelztiegel, Röhrenöfen u. dergl. beziehen. Sie beruhen mit Ausnahme des Ofens von Bocuge[20]) auf indirekter Widerstandsheizung; so Billon-Daguerres Quarzschmelzofen[21]) mit eigenartiger Dreiphasenschaltung, Reids Läuterungstiegel[22]) mit regulierbarer Beheizung der Tiegelwand und die sehr empfohlene Helbergersche Konstruktion[23]), die eine leichte Bedienung und Benutzung neben guter Wärmeausnutzung ergibt.

Eine besondere Erwähnung verdienen auch die elektrischen Drehöfen, wie die Serpekschen[24]), welche den Heizraum diametral durchziehende Heizstäbe besitzen.

Die Induktionsöfen kommen zurzeit ernsthaft wohl nur für Stahlraffination in Betracht; das Bedürfnis der kräftigen Durchheizung und Durcharbeitung des Bades hat immer mehr dazu geführt, neben der indirekten Induktionsheizung eine direkte Heizung vorzunehmen, meist in der Art, daß man den hierzu nötigen Strom in besonderen, auf dem Transformatoreisen angebrachten Sekundärwicklungen erzeugt und ihn entweder, wie Röchling und Rodenhauser[25]) durch in der Wandung angebrachte Elektroden aus Leitern zweiter Klasse, oder, wie Mulacek und Hatlanek[25a]), durch Elektroden als Lichtbogen von oben einwirken läßt. Dadurch, daß ein Teil der metallenen Stromummantelung als Sekundärleitung benutzt wird, vermeidet Helfenstein[26]) die Nachteile der engen Kanäle für das Metallbad und erzielt gleichzeitig neben leichter Kühlung der äußeren Sekundärwicklung eine beträchtliche Verminderung der Streuung. Letzteres Ziel liegt auch mehreren anderen Konstruktionen zu Grunde, von denen hier nur noch auf die von Grunwald[27]) verwiesen sei. Auch den sonst schädlich auftretenden Pinch- und Zentrifugaleffekt sucht man durch geeignete Konstruktion der Schmelzrinne nützlich zu verwerten[28]).

In ganz abweichender Art benutzt Reid[29]) die Induktionsheizung, indem er nämlich einen Induktionsring in das Metallbad versenkt.

Eine besondere Art der Phasenkompensation bei Induktionsöfen wendet die Akt.-Ges. Brown, Boveri & Co.[30]) an.

Natürlich sind auch bei den Zubehörteilen elektrischer Öfen die mannigfachsten Verbesserungsvorschläge aufgetaucht, wie über die Ausbildung, Größe und Zusammenfügung der Elektroden und beim Betrieb entstehenden Elektrodenstumpen, ihre Fassung und deren Kühlung, Antriebsvorrichtung, Regelung der Stromstärke und anderes[31]). Schließlich sei noch auf einige Vorschläge zur kombinierten Heizung, wodurch an elektrischer Kraft gespart und teilweise die Arbeit beschleunigt werden kann, hingewiesen[32]).

Ofenprodukte. Die weitaus meisten der erwähnten Verbesserungen an elektrischen Öfen betreffen die Eisen- und Stahlgewinnung. Einen interessanten Vergleich der wichtigsten Ofensysteme mit dem „Nathusiusofen" gibt — allerdings nicht unbestritten — dessen Erfinder[33]), seine wirtschaftliche Seite beleuchtet Kunze[34]). In Rodenhauser und Schönawa, Elektrische Öfen in der Eisenindustrie 1911, findet sich (p. 204 ff.) eine ausführliche Tabelle der in Betrieb, außer Betrieb und im Bau befindlichen Elektroöfen der verschiedensten Systeme. Nach Hiorth ist bei der Jossingfjord Co. in Schweden ein Induktionsofen von 30 t Stahlfassung aufgestellt.

Über die Erzeugung von Ferromangan machen Nathusius in seinem oben erwähnten Vortrag und Korten[35]) Mitteilung. Molybdänstahl soll sich nach Haenig[36]) durch Zuschlag von Molybdänit zum Eisenerz oder durch Entschwefeln von Molybdänit mit Ferrosilicium im Elektroofen gewinnen lassen, Ferrowolfram (und andere Legierungen) nach Ampèreges. und Dr. E. Müller[37]) durch Verschmelzen von Scheelit ($CaWO_4$) und den entsprechenden anderen Metallverbindungen mit Eisensulfür und Kohle.

Zur Gewinnung von Wolfram, Uran und anderen schwer schmelzbaren Metallen reduziert El. Furnace and Smelters Co.[38]) mit Carbid oder Silicid.

Für die Gewinnung von Zink sind verschiedene Verfahren, zum Teil mit besonderen Ofenkonstruktionen angegeben worden; so von Queneau[39]), der in rotierendem Ofen auf einer geschmolzenen Schicht z. B. von Blei als Heizwiderstand das Reaktionsgemisch stetig aufbringt und das abdestillierende Zink in geeigneten Vorlagen auffängt, und von Specketer[40]), der die Beschickung selbst als Heizwiderstand in einem um 180° beweglichen Ofen benutzt.

Über die elektrische Erschmelzung von Zinn macht Härdén[41]) Angaben über Versuche im kleinen und im technischen Maßstab, aus denen sich neben einer zweckmäßigen Ofenkonstruktion und Schmelzverfahren auch der Energiebedarf und außerdem die wichtige Tatsache ergibt, daß das im Elektroofen erschmolzene Zinn bei höherer Ausbeute auch reiner ist als das im Flammofen erschmolzene.

Von Graphitierungsmethoden ist zu erwähnen das Verfahren von Dannenberg[42]), wonach die zu härtenden Kohlenelektroden so in den Ofen eingelegt werden, daß ihre Enden in der Richtung des Stromes in horizontaler und vertikaler Ebene versetzt zu einander liegen.

Von den auch für den Elektrotechniker interessanten Verfahren zur Gewinnung von Kalkstickstoff sind zu erwähnen das von Washburn[43]), bei dem das Karbidpulver in einem elektrisch geheizten Drehofen dem Stickstoffstrom entgegenfällt, und von demselben eine andere Anordnung, bei der das Karbid in dünner Lage auf einem elektrisch heizbaren Rost bei geregelter Temperatur in einer Stickstoffatmosphäre erhitzt wird, sowie von Tofani[44]), der das Karbid in einem durch elektrische Strahlung erhitzten Schacht dem aufsteigenden Stickstoffgas entgegen herunter fallen läßt.

Zur Herstellung von Aluminiumnitrid (wichtig für die Aluminium-Industrie wegen billigerer Gewinnung der Tonerde) bedient sich Serpek eines Drehofens (s. oben [24]); die Stromzuleitung findet dabei nach der Soc. Gén. des

Nitrures[45]) mittels Schleifkontakts auf einem außen herum gelegten Band statt. Das Ofenfutter besteht nach denselben[46]) aus Aluminiumnitrid, in das die Heizstäbe eingelegt sind.

Elektrolytische Metallgewinnung.

Untersuchungen wissenschaftlicher Natur, die sich unmittelbar für die Zwecke der technischen Metallelektrolyse verwenden lassen, sind nicht zu verzeichnen. Die Neuerungen in der Pyroelektrolyse beschränken sich auf Zink und die Leichtmetalle, für die Elektrolyse in kaltflüssiger Lösung sind dagegen einige Vorschläge gemacht, die, wenn sie auch vorzugsweise für die Kupfergewinnung gedacht sind, doch allgemeinere Anwendung finden können. Ihr Zweck ist, die Ungleichheiten im Metallniederschlag, welche durch die Konzentrationsänderungen in den Lösungen oder die infolge des Anodenverbrauchs eintretenden Abstandsänderungen der Elektroden eintreten können, zu vermeiden. Zu diesem Behufe ordnen Williams und Bradley[47]) unter anderem die Anodenplatten je paarweise an; auch Perreur-Lloyd[48]), bei dessen Apparat die Elektroden als konzentrische Zylinder ausgebildet sind, verlangt gleichbleibenden Abstand der Zylinderflächen. Dieser, wie auch Parent[49]) und Lacroix[50]) perforieren die Elektrodenzylinder behufs freier Zirkulation des Elektrolyts, das in guter Bewegung gehalten wird. Dies macht Lacroix durch lebhafte Drehung der innenliegenden Kathode, in deren Hohlraum die Elektrolytflüssigkeit eingeführt wird, die alsdann durch Zentrifugalkraft durch die umgebende Anode hindurch geschleudert und dann abgeführt wird. Parent bildet außerdem noch die beiden Elektrodenarten doppelzylindrig aus und schließt zwischen die beiden Anodenzylinder eine aus einem Doppelzylinder bestehende Kathode ein. Reed[51]) will die störende Anhäufung der Schwefelsäure im Bade, die bei der Elektrolyse von Metallsulfat entsteht, durch Anwendung einer Bleischwammanode vermeiden, deren Herstellung und Regenerierung im besonderen Bade mittels einer Bleisuperoxydanode kathodisch geschieht, wobei noch Sauerstoffgas und Schwefelsäure zurückgewonnen werden sollen.

Leichtmetalle. Ihre elektrolytische Gewinnung beschäftigt noch andauernd die technischen Kreise; denn sowohl Natrium als auch Aluminium besitzen zurzeit steigendes Interesse, Natrium für die Cyanidgewinnung (für Goldextraktion und Indigosynthese), Aluminium zur Herstellung von leichten und doch sehr festen Legierungen, insbesondere für die Zwecke der Luftschiff- und Flugtechnik, und die Ceritmetalle wegen der pyrophoren Eigenschaften einiger ihrer Legierungen, die sie zu Zündapparaten geeignet machen.

Bei Natrium sucht Scheitlin[52]) die bisherige Gewinnung aus schmelzflüssigem Ätznatron zu verbessern, indem er in einem ringförmigen Behälter mit beiderseits anodisch ausgebildeten Innenwänden eine aus ~-förmigen radial gestellten Stäben zusammengesetzte Kathode einbringt, die behufs gleichzeitiger Stromzuleitung und leichter Auswechselbarkeit in einem in der Zentralachse frei angebrachten Napf mit leitender Flüssigkeit (Quecksilber) eingehängt ist. Andere Arbeiten verfolgen das alte Problem, das teure Ausgangsmaterial (Ätznatron) durch ein billigeres (Steinsalz) zu ersetzen; es sind sämtlich weitere Ausbildungen von bereits in den Vorjahren angegebenen Anordnungen. Bei dem neuen Apparat der Virginia Laboratory Co.[53]) ist in dem Elektrolysierbehälter, dessen ganze vertikale Innenwandung als Anode ausgebildet ist, zentral ein als Kathode dienendes, beiderseits offenes Rohr, das etwas unterhalb der Badoberfläche endigt, isoliert eingesetzt. In dieses tritt das entstehende Alkali- oder Erdalkalimetall (je nachdem das Elektrolytsalz im wesentlichen aus Chlornatrium oder Chlorcalcium oder dergleichen besteht) über und fließt beständig in den damit luftdicht verbundenen Sammelbehälter, wobei das Ganze mittels des bei der Elektrolyse entwickelten Wasserstoffgases in einer indifferenten, dem äußeren Luftdruck an-

gepaßten Gasatmosphäre gehalten werden kann. Mittels der schon früher angegebenen Kühlung des Schmelzbades zwischen Kathode und Anode unmittelbar an der Oberfläche wird ein Übergehen und Verteilen der beiderseits ausgeschiedenen Ionen und damit deren Wiedervereinigung verhütet.

Die Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel[54]) löst die Aufgabe der Elektrolyse schmelzflüssigen Chlornatriums mittels eines eigenartigen Diaphragmas, das so zusammengesetzt ist, daß es den auf beiden Seiten verschiedenen chemischen und mechanischen Angriffen des Bades standhält und durch seine Lage und Ausbildung den Übertritt der Ionen von Anode zur Kathode und umgekehrt verhindert.

Ashcroft, die Nitrogen Co. und Mc Nitt bauen das System mit flüssigen Metallkathoden weiter aus. Mc Nitt sorgt für eine genaue Temperierung des Kathodenmetalls, die andern bedienen sich der bereits bekannten Doppelzelle, wenden jedoch in der Sekundärzelle Elektrolyte an, die beträchtlich niedriger schmelzen als das bisher verwendete Ätznatron, und zwar empfiehlt Ashcroft[55]) das Natriumamid mit nur 120° Schmp., die Nitrogen Co.[56]) Alkalicyanid oder -cyanamid.

Erdmetalle. Für die elektrolytische Aluminiumgewinnung sind neue Verfahren oder Einrichtungen im verflossenen Jahr nicht vorgeschlagen worden. Es kann jedoch auf eine Abhandlung von Flusin[57]) hingewiesen werden, die eine gute Übersicht über den gegenwärtigen Stand bietet.

Über Darstellung und Eigenschaften der Ceritmetalle hat sich Hirsch[58]) eingehend in einem Vortrag vor der Versammlung der Amer. Electrochem. Soc., Toronto, Sept. 1911 ausgesprochen. (Vergl. ferner Kellermann, die Ceritmetalle, 1912.)

Schwermetalle. Zur Gewinnung von Zink aus Zinksalzlösungen werden von verschiedenen Seiten Badzusammensetzungen vorgeschlagen, wie Fluorid (Matuschek[59]), Zinkchlorid mit Doppelchloriden der Alkalien und des Aluminiumchlorids (Kern[60])), die früheren Vorschlägen zum Teil sehr nahe kommen. Diese, wie auch der Vorschlag von Namekawa und Migezawa[61]), wonach eine Bleianode verwendet und das störende Bleisulfat auf dieser zeitweilig durch kathodische Behandlung entfernt werden soll (vergl. hierzu auch Reeds Vorschlag)[51]) dürften, wie das Engelhardt in seinem Vortrag über Zinkelektrolyse[62]) eingehend dargelegt hat, wohl ebenfalls, wie alle früheren Versuche an den zu hohen Gestehungskosten im großen scheitern. Das Gleiche gilt wohl auch von den Bestrebungen zur Durchführung der schmelzflüssigen Elektrolyse von Ashcroft[63]), der mit dem entwickelten Chlor gleich die sulfidischen Erze zur Bildung des Zinkchloridelektrolyts aufschließen will.

An Neuerungen zur Kupferelektrolyse kann außer den bereits erwähnten Anordnungen von Lacroix, Parent und Perreur-Lloyd nur noch kurz auf Hess[64]), Engel[65]) und Douvreleur[66]) verwiesen werden.

Eine neuere elektrolytische Goldamalgamation[67]) dürfte gegenüber der bekannten Zyanidlaugerei nur lokales Interesse haben.

Die Frage der elektrolytischen Zinngewinnung beschäftigt neben der rein chemischen Entzinnung andauernd die Erfinder. Es handelt sich dabei meist um eine besondere Zusammensetzung des Bades[68]) oder um eine Anordnung zu deren Aufrechterhaltung[68]). Von Interesse ist noch, daß in Italien sich 3 große Entzinnungsanlagen befinden, welche alle drei mit Ätznatron bzw. Stannat als Elektrolyt arbeiten und den dabei erhaltenen Zinnschwamm umschmelzen.[69])

Zur Gewinnung eines guten Bleiniederschlags empfiehlt Matuschek[70]) ein Bleinitratbad mit Zusatz von Eichenrindengerbsäure; er glaubt, dabei auch gleichzeitig Bleiglanz direkt anodisch lösen zu können.

Antimon will Whitfield[71]) aus $SbCl_3$ mit Eisenanode niederschlagen und das hierbei entstehende Eisenchlorür nach Oxydation zu Eisenchlorid zur Auslaugung des Antimonerzes und Gewinnung des Antimonelektrolyts benutzen.

Ein mittels eines organischen Lösungsmittels gebildetes Elektrolyt verwendet die Wolframlampen A. G.[72]) in Augsburg zur Herstellung von Wolfram, indem sie in Aceton gelöstes Wolframhexachlorid der Elektrolyse unterwirft.

Für die Herstellung des Elektrolyteisens, welches nach Untersuchungen der Phys. Techn. Reichsanstalt[73]) außergewöhnlich günstige Eigenschaften für die Elektrotechnik besitzt, da es hysteresefrei und billiger als der für elektromagnetische Zwecke verwendete Siliciumstahl ist, werden immer noch neue Vorschläge gemacht, die im wesentlichen in der besonderen Zusammensetzung des Bades und der Beobachtung gewisser Regeln gipfeln[74]).

Um die elektrolytische Nickelgewinnung aus Nickelsulfat kontinuierlich zu gestalten, empfehlen Dow, Gates u. Schäfer[75]) die Abstumpfung der entstehenden freien Säure durch Nickelhydroxyd (außerhalb des Bades).

[1]) Brandell, Z. Elchemie 1912, p. 122, nach d. Frankfurter Ztg. — [2]) Bosnische Elektr. Akt.-Ges., DRP. Kl. 21 Nr. 249 096; Fleming, USP. 1 020 546; Greene, USP. 1 021 187; Helfenstein, FP. 436 828; Lorentzen, USP. 1 030 904; Lorentzen und Tinfos Papirfabrik DRP. Kl. 40 Nr. 254 253; Louvrier, USP. 1 013 189; Tharaldsen, DRP. Kl. 40 Nr. 243 175. — [3]) Hilfsbuch f. d. Elektrotechnik, 8. Aufl., p. 707; Nathusius, DRP. Kl. 40 Nr. 248 437. — [4]) Aktiebolaget Elektrometal, DRP. Kl. 40 Nr. 243 686. — [5]) Soc. an. électrométallurgique, Procédés Paul Girod, EP. (1911) 13 731. — [6]) Phönix A.-G. für Bergbau u. Hüttenbetrieb, DRP. Kl. 21 Nr. 249 081. — [7]) Stobie, EP. (1911) 674. — [8]) Lambert, FP. 444 604. — [9]) Jossingfjord Mfg. Co., FP. 444 151. — [10]) Massip, DRP. Kl. 18 Nr. 247 149. — [11]) Grange, DRP. Kl. 40 Nr. 244 894. — [12]) Härdén, Trans. Faraday Soc. 1911, Vol. 7, p. 183. — [13]) Reid, DRP. Kl. 40 Nr. 249 779, 250 776. — [14]) Gonnet, FP. 441 588. — [15]) Patents Purchasing Co., FP. 442 548. — [16]) Stassano, Hilfsb. El., 8. Aufl., p. 706; DRP. 141 512, 144 156; DRP. Kl. 21 Nr. 252 173. — [17]) Diamantinwerke Rheinfelden, DRP. Kl. 21 Nr. 242 345. — [18]) Westly, FP. 435 941. — [19]) Wile, FP. 437 510. — [20]) Bocuge, FP. 435 493. — [21]) Billon-Daguerre, FP. 435 111. — [22]) Reid, USP. 1 026 281. — [23]) Helberger, DRP. Kl. 21 Nr. 238 486; Kl. 31 Nr. 242 429; Uhlands Prakt. Masch.-Konstr. 1912, p. 68—9. — [24]) Serpek, DRP. Kl. 21 Nr. 246 334, 246 931, 246 932, 248 054. — [25]) Röchling u. Rodenhauser, DRP. Kl. 21 Nr. 247 500, 249 145. — [25a]) DRP. Kl. 21 Nr. 238 760. — [26]) Helfenstein, DRP. Kl. 21 Nr. 246 435. — [27]) Grunwald, Öst. P. 52 345, 52 346. — [28]) Hering, Öst. P. 54 511; Unger, Met. Chem. Eng. 1912, p. 463. — [29]) Reid, USP. 1 021 478. — [30]) Brown, Boveri & Co., DRP. Kl. 21 Nr. 246 036. — [31]) Gibbs u. and., USP. 1 003 354; Héroult, USP. 1 029 121; Härdén, DRP. Kl. 21 Nr. 251 207; Keller, DRP. Kl. 21 Nr. 252 528; Gutehoffnungshütte, DRP. Kl. 21 Nr. 244 923; Snyder, USP. 1 010 001; Rombacher Hüttenwerke u. Bronn, DRP. Kl. 18 Nr. 242 692; Soc. Gén. des Nitrures, DRP. Kl. 21 Nr. 244 651; Speiden, USP. 1 032 250; Stockholm Superfosfat-Fabrik A.-G., FP. 433 594; Taylor, USP. 1 028 150; Röchlingsche Stahlwerke u. Rodenhauser, DRP. Kl. 21 Nr. 249 145; Allen, USP. 1 008 002; Louis, FP. 15 127, Zus. z. 428 113; Ruthenburg, USP. 1 018 727; Gebr. Siemens, DRP. Kl. 21 Nr. 245 321; Redlich, USP. 1 018 003; Smith, USP. 1 032 247, 1 032 248 u. 1 032 514; The Shawinigan Carbide Co., DRP. Kl. 21 Nr. 247 464; Stassano, DRP. Kl. 21 Nr. 247 465; Planiawerke A.-G. f. Kohlenfabr., DRP. Kl. 21 Nr. 245 629, 247 355 u. 248 082; Schiff & Co. u. Ornstein, Öst. Anm. (1911) 10 661. — [32]) Benjamin, USP. 1 026 197; Frick, USP. 1 010 490; Helfenstein, DRP. Kl. 18 Nr. 239 078, 249 032; Hinden, DRP. Kl. 18 Nr. 246 385. — [33]) Nathusius, Chem. Ztg. 1912, p. 779, 941, 954; Rodenhauser, Chem. Ztg. 1912, p. 1294. — [34]) Kunze, Stahl u. Eisen 1912, Heft 27—29. — [35]) Korten, Stahl u. Eisen 1912, p. 425. — [36]) Hänig, Schweiz. El. Z. 1912, p. 6. — [37]) Ampèregesellsch. u. Müller, DRP. Kl. 40 Nr. 240 989. — [38]) El. Furnace and Smelters Co., DRP. Kl. 40 Nr. 247 993. — [39]) Queneau, USP. 1 006 876, 1 006 877. — [40]) Specketer, DRP. Kl. 40 Nr. 254 029. — [41]) Härdén, El. Z. 1912, p. 237. — [42]) Dannenberg, DRP. Kl. 21 Nr. 245 874. — [43]) Washburn, USP. 1 004 509, 1 015 720. — [44]) Tofani,

DRP. Kl. 12 Nr. 246 077. — [45]) DRP. Kl. 21 Nr. 240 403. — [46]) Dens, DRP. Kl. 12 Nr. 238 340. — [47]) Williams u. Bradley, DRP. Kl. 40 Nr. 240 368. — [48]) Perreur-Lloyd, FP. 441 644. — [49]) Parent, DRP. Kl. 40 Nr. 237 035. — [50]) Lacroix, USP. 1 019 969. — [51]) Reed, FP. 443 887. — [52]) Scheitlin, DRP. Kl. 40 Nr. 248 873. — [53]) Virginia Laboratory Co., DRP. Kl. 40 Nr. 247 474. — [54]) Ges. f. Chemische Industrie in Basel, DRP. Kl. 40 Nr. 236 804. — [55]) Ashcroft, FP. 426 900. — [56]) Nitrogen Co. EP. (1910) 20 386. — [57]) Flusin, La Houille blanche 1911, Okt. u. Nov.; Z. Elchemie 1912, p. 174. — [58]) Hirsch, Met. Chem. Eng. 1911, p. 540. — [59]) Matuschek, DRP. Kl. 40 Nr. 244 930. — [60]) Kern, DRP. Kl. 40 Nr. 244 432. — [61]) Namekawa u. Migesawa, EP. (1911) 5967. — [62]) Engelhardt, Metall und Erz, I, p. 60. — [63]) Ashcroft, DRP. Kl. 40. Nr. 245 683; USP. 1 011 898, 1 011 899, 1 011 900. — [64]) Hess, USP. 1 014 061. — [65]) Engel, DRP. Kl. 40 Nr. 248 099. — [66]) Douvreleur, FP. 434 584. — [67]) Met. Chem. Eng., Vol. 9, p. 255. — [68]) Matuschek, DRP. Kl. 40 Nr. 244 567; Michaud u. Delasson, FP. 435 936; Reinders, DRP. Kl. 40 Nr. 245 682; Met. Chem. Eng., Vol. 10, p. 202. — [69]) Wurmbach, EP. (1911) 21 052. — [70]) Matuschek, DRP. Kl. 40 Nr. 239 222. — [71]) Whitfield, EP. (1911) 9968. — [72]) Wolframlampen A.-G., DRP. Kl. 40 Nr. 237 014. — [73]) Z. angewandte Chem. 1912, p. 1324. — [74]) Société Le Fer, FP. 446 614; Ramage, USP. 1 007 388; Tischenko, EP. (1912) 5854; Plauson u. Tischtschenko, DRP. Kl. 18 Nr. 252 875. — [75]) Dow, Gates u. Schäfer, USP. 1 003 092.

Herstellung chemischer Verbindungen.

Alkalien, Chlor, Bleicherei. Jean Billiter hat seinem Buch: „Die elektrochemischen Verfahren der chemischen Großindustrie“ einen zweiten Band[1]) über Elektrolysen mit unlöslichen Annoden ohne Metallabscheidung zugefügt und veröffentlicht ferner „Die Elektrolytische Alkalichloridzerlegung mit starren Metallkathoden“. So weit wie möglich, beschränkt er sich in diesen Schriften auf Verfahren, die wirklich technische Anwendung gefunden haben[2]).

Zellen nach Billiter-Siemens werden seit 1909 von den Kaliwerken Aschersleben (10 Bäder zu 1000 A), von der Bosnischen Elektrizitätsgesellschaft in Brückl (65 Bäder zu 2500 A), in der Sulfitzellulosefabrik von J. Spiro und Söhne in Krummau a. d. Moldau, in den Farbwerken Höchst (78 Bäder zu 2000 A) und in der Niagara Alkali Co., Niagarafalls, benutzt. Das Kathodendrahtnetz (Eisen) liegt auf dem eisernen Boden des Troges, dicht darüber ist das Diaphragma aus Asbest und Bariumsulfat, und die glocken- oder kastenartige Anodenhülle ist mit dem Diaphragma durch Zement verbunden; auch die Zellenwände bestehen oben aus Zement. Ein Probebetrieb in Aschersleben[3]) auf 4 Wochen ergab eine Stromausbeute von 94,7% bei Strömen von 2000 A und 3,6 V und 85 bis 90°. Die Lauge enthielt 130 g NaOH/l und das Chlor 1,2% CO_2 (vom Angriff der Graphitanoden); der Kraftaufwand für 1 kg Chlor betrug weniger wie 4 KWS, der Salzverbrauch 3 kg. Auf die Dauer soll man 85% Stromausbeute versprechen und in Brückl 90% erreichen. Man leitet das Chlor in Kalkmilch und dies soll sich tatsächlich lohnen, obwohl man in der Zelle selbst Hypochlorit gewinnen könnte. Die neueren Zelltypen sind die Billiter-Leykam-Zellen, in denen anstatt einer Kathode mehrere schlauchartige Kathoden benutzt werden. Die Schläuche aus grobgewobenem Asbest enthalten T-artige Eisen, und werden innen versteift; sie liegen leicht geneigt in der Zelle, um das Entweichen des Wasserstoffs zu erleichtern. Diese Zellen werden durch Dampf erhitzt, nicht mit Hilfe von Steingutröhren, die man früher benutzte.

E. F. Northrup[4]) geht in seiner Abhandlung über die elektrischen Eigenschaften von Natrium, Kalium und deren Legierungen, besonders auf den Widerstand ein. C. E. Acker[5]) ändert seine Schmelzelektrolyse auf Cyanid ab. Die Zelle wird durch eine Scheidewand abgeteilt, die nicht ganz bis auf den Boden reicht, welcher von geschmolzenem Blei bedeckt wird. Die Kathodenabteilung

enthielt Kochsalzschmelze, die Anodenabteilung Cyanid. In letztere Schmelze taucht ein Trichter, durch dessen durchlöcherte Spirale Ammoniak in die Schmelze eingeblasen wird. Anstatt des Ammoniaks verwendet er auch die Methylamine und andere N- und C-haltige Körper, welche bei der Destillation der Rübenzuckerrückstände gewonnen werden. Ferner hängt er Stücke feinverteilter Kohle in die Schmelze ein.

Das elektrische Bleichen erörtert A. Neuburger[6]) in einer längeren Reihe von Abhandlungen mit bezug auf Theorie und die Apparate von Hermite, Haas & Öttel, Knöfler und Haas & Stahl; letztere zersetzen Staßfurter Salz, Marke Haas & Stahl, mit 98% NaCl in Steinzeugwannen mit Graphitanoden, die Angaben über Kosten sind Anschläge.

Die Studie der elektrischen Herstellung von Persulfat, welche A. Blumer[7]) veröffentlicht, betrifft die Verfahren von G. Levi des Konsortiums für Elektrochemische Industrie und der Vereinigten Chemischen Werke A.-G. Die besondere Anode, welche er auf Anraten von M. Le Blanc konstruierte, ist ein Zylinderskelett aus Glasstäben, welches 4 Ringe aus Platindraht und Quecksilberröhren als Zuleitungen trägt. In dieser Untersuchung bestimmte Blumer die Ausbeute durch Titrieren. C. Schall und K. Andrich,[8]) nahmen statt des Ammoniumpersulfats das feste Kaliumsalz, um die Ausbeute wiegen zu können; die Anode besteht auch aus Platindraht, die Kathode aus Nickelblech, und ihr Apparat ist dem von Blumer ähnlich. Ihre Ausbeute steigt auf 71%, bei 20° mit Stromdichten von 0,12 bis 2,12 A/cm².

F. Ott[9]) versucht die Niobsäure elektrolytisch zu reduzieren. Die Zusammensetzung der Oxyde des Niobs, das mit Wertigkeiten von 2, 3, 4, 5 aufzutreten scheint, ist strittig, und die auf verschiedene Weisen versuchten Reduktionen sind bisher wenig erfolgreich gewesen. Ott erhitzt die Säure im elektrischen Ofen mit Kohle, leitet Chlor bei 200° über den N- und C-haltigen Körper, destilliert das Chlorid, löst es in Salzsäure und Schwefelsäure, und elektrolysiert mit Elektroden aus Pt (Kathoden auch aus Pb), gewinnt aber nur eine blau-schwarze Kruste, die sich nicht analysieren ließ. Die Schmelzelektrolyse der Kaliumnioboxyfluor-Verbindung liefert ein niederes Oxyd. E. Renschler[10]) gelingt es, die Reduktion des Ammoniummetavanadats, welches Bültemann 1904 chemisch zu dem blauen vierwertigen Salz und dann elektrolytisch zu dem grünen dreiwertigen Salz reduzierte, ganz elektrolytisch auszuführen, und zwar in starker Schwefelsäure in einer Zelle mit porösem Diaphragma und zylindrischen Elektroden aus Bleiblech unter starkem Umrühren. Wenn man die Elektrolyse zu lange fortsetzt, erhält man eine violette Lösung eines zweiwertigen Vanads.

Wasserbehandlung. Zersetzung. F. Petz[11]) bespricht die Reindarstellung von elektrolytischem Sauerstoff nach der E. A. G. vormals Schuckert & Co. und die Kosten des Verfahrens für verschiedene Fälle, auch z. B. zur Ausnützung der nicht gebrauchten Kraft von Hüttenwerken. Anlagen nach Schuckert zur Wasserzersetzung liefern einen reineren Sauerstoff als die Verflüssigung der Luft, obwohl der Sauerstoff, wenn er die Zellen verläßt, noch 2—4 % H enthält. Zur Reinigung leitet man beide Produkte, O und H getrennt, über Palladiumbimstein, der in Silberröhren enthalten ist, und durch den elektrischen Strom bis auf Dunkelrotglut erhitzt wird. Dabei verbrennen H und O zu Wasser, und da diese Reaktion gleichzeitig mit der Anstellung des Stroms beginnt, können sich keine größeren Mengen von Knallgas ansammeln. Man zersetzt in den Zellen Natronlauge von 16% durch Ströme von 3,5 bis 4 V. Die Anoden (Eisenblech wie die Scheidewände) werden oberflächlich zu Fe_3O_4 oxydiert, das in Schuppen abfällt; immerhin halten die Anoden 1½ Jahre aus, wenn nicht die Gegenwart von Chloriden, Sulfaten usw. die Korrosion beschleunigt; Zusatz von verseifbaren Stoffen wirkt günstig.

Der elektrolytische Sauerstoff- und Wasserstoffentwicklungsapparat der Göttinger Rheostaten- und Schalttafelfabrik Gebr. Ruhstrat[12]) ist ein Kippscher Apparat, welcher nach Belieben Wasserstoff oder

Sauerstoff liefert. Es ist ein Glaszylinder mit Holzdeckel, in den eine Glasglocke in NaOH von 30% hängt. Die Elektroden bestehen aus Nickeldraht und -Blech; wenn man H haben will, macht man die Elektrode der Glocke zur Kathode; wünscht man O, so wechselt man die Klemmenanschlüsse.

Sterilisation. Während Ozonanlagen für die Sterilisation des Wassers schon seit Jahren bestehen, handelt es sich bei der Wasserreinigung durch ultraviolettes Licht noch um Versuchsanlagen, allerdings größeren Stils. In beiden Fällen hat man das Wasser vor der Behandlung zu filtrieren; man kommt dann aber mit Schnellfiltern von geringerer Fläche aus, und für stark infiziertes Wasser ist eine Ozon- oder Lichtbehandlung wohl zu empfehlen. In seinem Vortrag vor dem Deutschen Verein von Gas- und Wassermännern stellte H. Peter[13]) der Bestrahlung und Ozonisierung günstige Aussichten, wenn auch die Kosten für Anlage und Betrieb (Elektrizität für die Ozonapparate oder Quecksilberlampen) hoch sind. Versuche mit ultravioletten Strahlen sind namentlich in Choisy le Roi, Nogier und Marseille gemacht worden. Die Zahlenangaben von Peter sind aber nicht genügend vollständig, um einen endgültigen Vergleich zu gestatten, und er betont, sicher mit Recht, daß in jedem Fall zu entscheiden ist, ob einfaches Filtrieren, Stufenfilter, Chlorkalk und andere Chemikalien, Ozon oder Licht zu empfehlen wären. Diesem Vortrag von Peter fügt v. Recklinghausen[14]) weitere Angaben zu über seine Apparate u. a.

Die Baltimore County Water and Electricity Co. hat nach den Ingenieuren der Gesellschaft A. E. Walden und S. Powell[15]) eine neue Art Filter und Ozonapparate eingeführt. Sand und Kies werden in Filtergruben auf schwach geneigten Böden abwechselnd links und rechts angeordnet. Die Ozonapparate sind in alten Kesseln, 840 mm Durchmesser, 760 mm Höhe, untergebracht und enthalten 109 Paare konzentrischer Al-Röhren, welche an einen statischen Transformator angeschlossen sind.

Elektrolytische Behandlung der Abwässer. Die Anlage in Oklahoma City erörtern H. W. Hinkley[16]) und W. R. Collier[17]); ersterer beschreibt die Anlage, letzterer prüft die Ergebnisse. Das Verfahren ist das der Electro-Sanitation Co in Los Angeles, das modifiziert auch in Santa Monica und anderswo verwandt wird. Man läßt die Abwässer langsam durch Betonkanäle strömen, gehemmt durch Scheidewände im Boden und an den Seiten, und hängt Elektropaare, Eisen von 5 mm Dicke, 230×640 mm, in die Kanäle ein; die Speisung erfolgt durch Kupferschienen. Wasser wird zersetzt und Chlor wird frei, und die Gase zusammen mit dem gelösten und wieder gefällten Eisen bewirken die Reinigung. Ströme von etwa 2 V und 270 A werden angewandt. Die Feststellung der Vorteile einer solchen Anlage ist nicht leicht; der Chemiker, Elektriker und Bakteriologe haben zusammen zu arbeiten. Nach Collier braucht man nach dem Verfahren von Webster Ströme von 2 V, 0,09 A/mm² und 450 KWS auf eine Million Gallonen (zu 4,5 l) Abwässer. Die Zahlen für Oklahoma sind 1,75 V, 0,48 A, 240 KWS und für Santa Monica 1,8 V, 1,15 A, 43 KWS, in Santa Monica leitet man aber die wohl unvollkommen desinfizierten Abwässer in das Meer. Nach C. L. Edholm,[18]) der dieselben 3 Anlagen bespricht, wird der Geruch sofort durch den elektrischen Strom unterdrückt. J. Race[19]) bespricht die Herstellung des Chlors für die Behandlung der Abwässer. J. G. Forbes[20]) weist wieder auf die bekannte Anlage des Arztes Alexander in Poplar (London) hin, wo man Hypochlorit auch zur Desinfizierung der Schwimmbäder verwertet.

Ölabscheidung aus dem kondensierten Dampf nach Davis-Perret wird noch einmal von O. Heym[21]) besprochen. Die Ges. Halvor Breda[22]) in Berlin setzt dem Dampfwasser etwas Brunnenwasser zu, um das Leitvermögen zu erhöhen, und behandelt es in hölzernen Behältern mit dem elektrischen Strom; Eisenplatten dienen als Elektroden und auf 1 m³ Wasser berechnet man 0,15 bis 0,2 KW; die Apparate sollen kaum Wartung erfordern.

Ozon. M. W. Franklin[23]) besprach Ozon und Ozonapparate für den Hausgebrauch. C. Lind findet[24]) in dem Institut für Radiumforschung in Wien, daß die

Gesamtzahl der durch α-Strahlen erzeugten Ozonmoleküle der Zahl der durch diese Strahlen gebildeten Ionen gleich ist, und er nimmt an, daß Ozon durch die Vereinigung eines Sauerstoffmoleküls mit einem geladenen Atom (Ion) entsteht; die Ozonmenge war bei seinen verschiedenen Versuchen manchmal so groß, wie dieser Annahme entsprechen würde, manchmal viel kleiner, aber nie größer, und da Luft bei gewöhnlichem Druck so viel Ozon lieferte wie Sauerstoff bei $^1/_5$ Atm., schien die Reaktion auf den Sauerstoff beschränkt zu sein. E. Czakó[25]) bestimmt die Ozonausbeute eines Lüfters mit Hilfe einer Bürette nach Bunte und von Jodkalium.

Über den Wert der Ozonisierung der Luft hat man berechtigte Zweifel. Ozon zerstört, wie wiederholt hervorgehoben ist, die schlechten Gerüche nicht wirklich, sondern verdeckt sie. Eine Desinfektion der Luft läßt sich durch Ozon nicht erlangen, da wir schon bei einem Ozongehalt der Luft von 0,0001 % Hustenreiz verspüren, und einigermaßen höhere Konzentrationen entschieden schädlich werden. Ozonlüfter wirken also zum großen Teil als Lüfter. Trotzdem sind Ozonapparate für Tunnel, Keller, Küchenräume usw. zu empfehlen. Die Beschreibungen der erweiterten Einrichtungen für die Central London Railway[26]) haben wieder zu solchen Erörterungen Anlaß gegeben. Die Anlage rührt von der Ozonair Ltd. her; die Apparate befinden sich oben, und eine starke Mischung von Ozon und Luft wird durch Ventilatoren und Zinkröhren von 0,5 m Durchmesser den Bahnsteigen und Tunneln zugeführt. Neuere Ozonapparate der A. E. G. beschreibt P. Dreyer[27]) (vergl. auch Belüftungsanlagen). Die Abhandlung von R. Vessely[28]) ist wie die oben erwähnte von Franklin mehr allgemeiner Natur.

Stickstoff. Stickoxyde, Salpetersäure. Die weiteren Arbeiten von R. J. Strutt[29]) scheinen dafür zu sprechen, daß der aktive Stickstoff wirklich eine besondere Modifikation des Stickstoffes und nicht eine andauernde Wirkung der elektrischen Entladungen ist. Die Erscheinungen lassen sich indessen kaum besprechen, wenn man nicht auf Einzelheiten eingeht, und, wenn auch Verunreinigungen des Stickstoffes durch verschiedene Gase verschiedene Wirkungen haben sollen, fühlt man doch eine gewisse Unsicherheit über die Reinheit des Stickstoffs oder des Ozons in verwandten Versuchen, die überdies mehr in das Gebiet der Gasionisation gehören. T. M. Lowry[30]) hat die Versuche von Leetham und Cramp wieder aufgenommen, welche Mehl mit Hilfe von Ozon bleichten und hierbei eine Mitwirkung des oxydierten Stickstoffs annahmen. Lowry läßt Luft durch eine Reihe von Ozonapparaten nach Andreoli und ferner durch 6 oder mehr Funkenstrecken (Eisenelektroden) strömen. Wenn die Ozonapparate oder die Funkenstrecken allein benutzt wurden, entstand kein NO_2, wohl aber, wenn man beide Entladungen hintereinander verwandte, und zwar war hierbei die Ordnung (erst stille, oder erst Funkenentladung) gleichgültig; anderseits wurde bereits hergestelltes, braunes NO_2 beim Durchleiten durch den Apparat ganz gebleicht, erschien aber wieder, wenn man beide Apparate parallel schaltete und die Luftströme dann mischte. Er betrachtet die Erscheinungen daher als wesentlich chemisch (nicht elektrisch) und nimmt an, daß das Ozon oxydierend wirkt, und zwar nicht auf NO, sondern auf aktiven Stickstoff im Sinne von Strutt. Vorträge über die Stickstoffoxydation, namentlich in Norwegen hielten E. Kilburn Scott[31]) und A. Troller[32]); letzterer besprach besonders die Nitratfabrikation in Saaheim.

Cermetall. Die bemerkenswerte Studie von Alcan Hirsch[33]) über das Cer, seine Salze und die Verwertung der Rückstände der Glühstrumpfindustrie, mag hier erwähnt werden. Er hatte in der Universität Wisconsin reichliches Material zur Verfügung. Die geglühten Oxalate gaben Carbonate und mit HCl Chloride, die sich aber schwer trocknen ließen; die Karbide (im elektrischen Ofen hergestellt) eigneten sich auch wenig zur weiteren Forschung. Aus dem mit HCl wiederholt eingedampften Cerammoniumnitrat fällt er durch HF das CeF_2, das in seiner Schmelze das Oxyd löst und sich elektrolysieren läßt, aber alle Materialien angreift. Durch Elektrolyse des geschmolzenen Chlorids in einer

Röhre aus Schmiedeeisen gewann er schließlich ein Metall mit 98% Ce und stellte verschiedene Legierungen dar; er untersuchte auch das Leitvermögen und elektromotorische Verhalten des Cers.

Organische Verbindungen. F. Fichter[34]) und K. Stutz[35]) hatten angenommen, daß die Elektrosynthese des Harnstoffs (nach Drechsel) aus Ammoniumcarbonat einer Wirkung des Gleich- (nicht Wechsel-) Stroms und der naszierenden Kohlensäure zuzuschreiben sei. Diese Ansicht zieht Fichter zurück, und glaubt, daß bei der Oxydation organischer Körper in Ammoniak diejenigen Verbindungen Harnstoff liefern, welche als Zwischenprodukt Formamid ergeben. Die Oxydation des Ammoniaks könnte in den Stufen:

$$NH_3 \quad NH_2.OH \quad H_2N_2O_3 \quad HNO_2 \quad HNO_3$$

erfolgen. Die letzteren beiden Säuren treten sicher auf; für die Existenz der beiden ersteren Körper, Hydroxylamin und Hyponitrose, bringt auch diese Arbeit keinen wirklichen Beweis, wenn sie auch die Bildung der Hyponitrose wahrscheinlich macht; die Verfolgung der komplexen Reaktionen ist sehr schwer.

Zusammen mit W. Wenk[36]) studiert Fichter auch die elektrolytische Oxydation organischer Schwefelverbindungen; das Äthylrhodamid gibt hierbei Äthansulfosäure, Thioharnstoff, Formamidindisulfid, Äthylsulfid, Äthylsulfoxyd und weiter Nytrobenzylkörper.

Reduktionen erforscht H. J. Backer[37]) (Reduktion der Alkylnitrosoamide). E. F. Farnau[38]) findet, daß die bereits von H. C. Allen erreichte Reduktion des Nitrobenzols in einer alkalischen Lösung von Ferrosulfat und Natronhydrat auch ohne Diaphragma gelingt, wenn man einen mit Eisendraht umwickelten Stahlschaft (Anode) 1500 mal in der Minute in der Eisenröhre (Behälter und Kathode) dreht. H. Fischer[39]) untersucht die elektrolytische Reduktion von Azoxy-, Azo-Nitrosobenzol und Phenylhydroxylamin bei Gegenwart von Vanadinsalzen als Wasserstoffüberträger. Die mögliche Abstufung der Reaktion und die Bildung von Azobenzol, Hydrazobenzol, Anilin (Benzidin) durch Steigerung der Kathodenpotentiale läßt sich kaum durchführen, da es weniger auf das Potential als auf die Zusammensetzung des Elektrolyts ankommt. Die depolarisierende Kraft des Vanadins ist im allgemeinen gering, aber bei der Reduktion des Nitrobenzols durch Vanadochlorid ausschlaggebend.

Mit Bezug auf die katalytische Wirkung des Kupfers findet H. D. Law[40]), daß bei der Reduktion von Ketonen und Aldehyden Kupferkathoden die besten Ausbeuten liefern, namentlich, wenn feines Kupfer elektrolytisch auf dem Blech abgeschieden oder die Oberfläche durch starke Salpetersäure angegriffen wird; massives Kupfer ist wenig geeignet. G. Zerbes[41]) empfiehlt Thallium-Kathoden für schwierige Reduktionen von Körpern wie Kaffein, Pyridin, Succinimid. Die Thallium-Kathoden nehmen in Schwefelsäure eine hohe Überspannung an und verhalten sich wie Blei und Quecksilber (nach Tafel) mit der Eigentümlichkeit, daß die größte Stromausbeute erst nach einiger Zeit erreicht wird.

The Moore Architectural and Engineering Co.[42]) Akron, V. ST. A., lassen sich ein elektrisches Verfahren für die Regeneration des Kautschuks patentieren. Der Kessel, in welchem der Kautschuk unter Druck mit Natronhydrat und Eisenoxydhydrat erhitzt wird, enthält zwei konzentrische Zylinder als Elektroden für Ströme von etwa 5 V und 1000 A, deren Richtung mit Hilfe eines Uhrwerks zunächst alle Sekunden, später nur wenige Male in der Stunde gewechselt wird.

J. O. W. Barrat und A. B. Harris[43]) bestimmen die Elektroosmose durch Pergament, Gelatine und Agar-Agar mit Bezug auf wässerige Lösungen vieler anorganischer Salze, auch Natronlauge und Säuren. In den meisten Fällen nahm die Osmose mit der Konzentration der Lösungen regelmäßig zu, und die Strömung erfolgte in der Richtung Anode-Kathode; bei der Salpetersäure und den Nitraten des Cu und Al wanderten die Salze aber in umgekehrter Richtung. Der Flüssigkeitsdurchtritt nahm mit höherer Wertigkeit der Kationen zu, mit höherer

Wertigkeit der Anionen aber ab, so daß (bei Gelatine wie erwähnt) sogar Stromumkehr eintreten konnte.

Nach F. K ö v e s s i[44]) lassen sich die Erscheinungen der elektrolytischen Beförderung des Pflanzenwuchses, die Einwirkung des Stroms auf das Keimen und Wachstum, nicht ganz durch die Elektrolyse des Bodens, Zuführung von Nährsalzen, Erwärmung und Änderung der Atmungsbedingungen erklären. Der Strom scheint unmittelbar auf die Samen zu wirken und die Membranen ihrer Halbdurchlässigkeit zu berauben, so daß Salze und auch Eiweißstoffe entweichen. Bei den Versuchen versenkte er Platinelektroden in die Erde, in welcher die Samen lagen, oder er legte die Körner einfach auf Filtrierpapier, das er mit destilliertem Wasser und Salzlösungen benetzte; hierbei sammelten sich die Säuren an der Anode, die Metalle an der Kathode an. Gegen diese Schlüsse wird verschiedentlich eingewandt, daß K ö v e s s i nur die horizontale Strömung berücksichtigt, während die neuere Elektrokultur sich auf elektrische Bestrahlung aus über dem Boden ausgespannten Drähten in den Erdboden hinein verläßt. Diese Anordnung wurde in den letzten Jahren wieder von O l i v e r L o d g e eingeführt. Derartige Versuche beschreiben T. C l a r k[45]) und F. L. C o o k[46]). Ersterer arbeitete mit einer Influenzmaschine, in deren Behälter er, um die Glasscheiben trocken zu halten, den Auspuff einer Gasmaschine leitete, nachdem er die Gase von Staub befreit hatte. Letzterer erwähnt Versuche seitens des Departement of Agriculture und geht näher auf die Versuche von R. G l o e d e ein, welcher ein Netzwerk von Drähten, 1,3 m über den Beeten mit Strömen von 250 000 V und 600 Perioden speist. In der größeren Versuchsanlage, die auf dem Gute P e t r o v i c i[47]) (36 ha) bei Prag mit Apparaten der E. A. G. v o r m a l s K o l b e u n d C o. eingerichtet ist, betont man hingegen, daß die Wechselströme gleich gerichtet werden müssen. Hängedrähte aus Stahl werden in Abständen von 100 m, 4 m hoch über dem Boden auf Porzellanglocken ausgespannt; auf diesen ruhen in Abständen von 10 m dünne Drähte von 0,2 mm Durchmesser, welche an statische Transformatoren angeschlossen sind. Man zerlegt den Gleichstrom durch Quecksilberunterbrecher und läßt die Ströme von 100 000 V durch Ventile gleichrichten; die Angaben über die elektrischen Einrichtungen sind sehr dürftig. Die Ergebnisse sollen trotz des trockenen Sommers 1911 in Qualität und Quantität sehr günstig gewesen sein, und die Auslagen rechtfertigen; man ließ nur einige Stunden täglich bestrahlen und stellte den Strom bei großer Hitze und bei Regen ab.

P. L e c l e r[48]) berichtet über solche Anlagen; die für diese erforderliche Maschinerie wird in El. Rev. (Ldn.)[49]) beschrieben. Weitere Angaben bringt V. M a c h y t k a[50]). Von anderen Verwendungen der elektrischen Strahlung ist die Reinigung der Luft vom Staub und Nebelteilchen zu erwähnen, über welche F. S. C o t t r e l[51]) in Amerika bemerkenswerte Versuche angestellt hat. Die Sache ist von der I n t e r n a t i o n a l P r e c i p i t a t i o n C o. in San Francisco aufgenommen und von dem A m e r i c a n I n s t i t u t e o f M i n i n g E n g i n e e r s[52]) erörtert worden. Man läßt die statische Entladung aus Spitzen austreten und benutzt hierzu Entladungselektroden, Drähte, in welche Asbest und Glimmer eingeflochten sind, und Sammelelektroden, Eisenbleche, welche abwechselnd in Kammern aufgehängt werden. Die Ladung erfolgt durch intermittierenden Gleichstrom. Bläschen von schwefelhaltigen Gasen ließen sich in den Hercules Works der D u P o n t P o w d e r C o. wenigstens so weit unterdrücken, daß keine Nebelwolken sichtbar blieben; aber die Reinigung der Luft war hygienisch noch nicht genügend. Zinkoxyd setzte sich an den Spitzen so fest, daß auch Schütteln nicht helfen wollte, nasse saure Dämpfe und Staub mußten mit dem Wasserstrahl abgewaschen werden. Immerhin verdienen die Versuche alle Beachtung auch namentlich zur Staubunterdrückung in Zementwerken, in welchen F. W. A. S c h m i d t Versuche anstellt. Der Gedanke ist natürlich sehr alt, und das Experiment, einen Nebel von Salmiakdämpfen durch den sogenannten elektrischen Wind zu Flocken zu verdichten, ist jedem Schüler bekannt. Man hat die Sache aber nie ernstlich verfolgt.

Eine weitere Ausnützung desselben Gedankens beschreiben A. H. White, J. W. Hacker und F. Steere[53]). Sie scheiden den Teer aus dem Gase ab. Bei Versuchen in Glasröhren wurden die gelben Dämpfe sofort nach Anstellen der Glimmentladung klar, ihr positiver Pol war ein mit Flanell bewickelter Nickeldraht, ihr negativer eine Schicht Wasser auf dem Boden des Glasrohrs, und die Klärung erfolgte auch noch, als sich 1 cm Teer auf dem Wasser abgeschieden hatte. Größere Versuche machte man dann in den Gaswerken zu Ann Arbor, Michigan, in einem Scheideapparat von Pelouze-Adouin, in welchen man einen mit Tuch umwickelten Weißblechzylinder als positiven Pol einhängte; die Eisenwand des Apparates diente als negativer Pol.

[1]) Billiter, 1911, 535 p., 228 fig. — [2]) Billiter, Monographien über angewandte Elektrochemie. Halle 1912, W. Knapp, 41. Bd., 284 p., 189 fig. — [3]) K. Arndt, Dinglers Polyt. Jl. 1912, p. 170—1. — [4]) Northrup, Trans. Amer. Elchem. Soc., Vol. 20, p. 185. — [5]) Acker, USP. 1 018 802. — [6]) Neuburger, Schweiz. El. Z. 1912, p. 325, 337, 349, 366, 378, 389, 398. — [7]) Blumer, Z. Elchemie 1911, p. 965—6. — [8]) Schall u. Andrich, Chemiker-Ztg., 36. Bd., p. 645. — [9]) Ott, Z. Elchemie 1912, p. 349—62. — [10]) Renschler, Z. Elchemie 1912, p. 137. — [11]) Petz, El. Z. 1912, p. 33—6. — [12]) Ruhstrat, Z. angewandte Chem., 25. Bd., p. 1277—8. — [13]) Peter, Jl. Gas, Wasser, 55. Bd., p. 645—9. — [14]) v. Recklinghausen, Jl. Gas, Wasser, 55. Bd., p. 1058. — [15]) Walden u. Powell, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 904—5. — [16]) Hinkley, Engineering News., Vol. 67, p. 532—4. — [17]) Collier, Engineering Record, Vol. 65, p. 55. — [18]) Edholm, El. Rev. (Ldn.), Vol. 71, p. 368. — [19]) Race, El. Rev. (Chic.), Vol. 61, p. 559—60. — [20]) Forbes, Sanit. Rec., Vol. 49, p. 585. — [21]) Heym, Elchem. Z., 19. Bd., p. 91—4. — [22]) Ges. Halvor-Breda, DRP. 171 277; El. Kraftbetr. 1912, p. 22—3. — [23]) Franklin, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 597—60. — [24]) Lind, Amer. Chem. Jl., Vol. 47, p. 397—415. — [25]) Czakó, Jl. Gas, Wasser, 55. Bd., p. 768—72. — [26]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 227. — [27]) Dreyer, AEG-Ztg. 1912, 10, p. 4—6; Mitt. BEW. 1912, 6, p. 84—5. — [28]) Vessely, Ces. Stroj 1912, p. 281—3. — [29]) Strutt, Proc. Roy. Soc. Ser. A., Vol. 86, p. 56—63, 262—9, Vol. 87, p. 179—88. — [30]) Lowry, Jl. Chem. Soc. Trans. 1912, p. 1152—8. — [31]) Kilburn Scott, Jl. Roy. Soc. Arts, Vol. 60, p. 645—66. — [32]) Troller, La Nature 1912, p. 50—4. — [33]) Hirsch, Trans. Am. Elchem. Soc., Vol. 20, p. 57—104. — [34]) Fichter, Z. Elchemie, 18. Bd., p. 647—54. — [35]) Stutz, Diss., Basel 1911. — [36]) Fichter u. Wenk, Ber. Deutsch. Chem. Ges., 45. Bd., p. 1373—83. — [37]) Backer, Trans. Chem. Soc. (Ldn.) 1912, p. 592—9. — [38]) Farnau, Jl. Phys. Chemy, Vol. 16, p. 249—52. — [39]) Fischer, Dissertation, München 1912. — [40]) Law, Trans. Chem. Soc. (Ldn.) 1912, p. 1544—52. — [41]) Zerbes, Z. Elchemie, 18. Bd., p. 619—32; Dissertation, Wien. — [42]) The Moore Architectural and Engineering Co., EP. (1911) 21 567; India Rubber Jl., Vol. 43, p. 10—2. — [43]) Barrat u. Harris, Z. Elchemie 1912, p. 221—5. — [44]) Kövessi, Comptes Rendus Ac. Sciences, Vol. 155, p. 63—6. — [45]) Clark, El. Rev. (Chic.), Vol. 59, p. 976. — [46]) Cook, El. Rev. (Chic.), Vol. 59, p. 975—6. — [47]) Petrovici, El. Z. 1912, p. 1108—9. — [48]) Lecler, Rev. El., T. 18, p. 78—85. — [49]) El. Rev. (Ldn.), Vol. 70, p. 157—8. — [50]) Machytka, Elek. Obz., Vol. 49, p. 581—2. — [51]) Cottrell, Jl. Industr. Engin. Chemistry 1911, p. 542—50. — [52]) Amer. Inst. Mining Engin., Vol. 67, p. 667—80. — [53]) Jl. Gasligthing, Vol. 119, p. 825—6.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Von Kais. Obertelegrapheningenieur Geh. Postrat Theod. Karrass, Berlin. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Kais. Obertelegrapheningenieur Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

Telegraphie auf Leitungen.

Allgemeines. Der Bau und die Unterhaltung der oberirdischen Telegraphenlinien erfordert namentlich sehr viele Holzstangen, da Gestänge aus Eisen sich nur unter besonderen Umständen mit einigem Vorteil verwenden lassen. Da aber der Preis der hölzernen Stangen stetig steigt, verlangt die Rücksicht auf Wirtschaftlichkeit, daß die Gebrauchsdauer der Stangen durch geeignete Zubereitung möglichst verlängert wird. Wir begegnen daher in der Berichtszeit verschiedenen neuen Imprägnierverfahren von Stangen. Für die Ozeankabel ist die Guttapercha noch das unentbehrliche Isolationsmaterial. Aber auch dieser Rohstoff erreicht fast unerschwingliche Preise, weil sein Angebot kaum noch die Nachfrage zu decken vermag. Diesen Schwierigkeiten sucht man neuerdings einerseits durch planmäßiges Anpflanzen der die beste Guttapercha liefernden Bäume, anderseits durch Erzeugen künstlicher Ersatzmittel zu begegnen. Vollwertige Ersatzstoffe für Guttapercha und für Kautschuk zu beschaffen ist indessen noch nicht gelungen.

In der eigentlichen Telegraphentechnik tritt offenkundig das Bestreben hervor, die Leitungen besser als früher auszunutzen; es wird dies angestrebt durch vervollkommnete Vielfachtelegraphie, durch verbesserte Maschinentelegraphie und im Interesse der Zeitungen durch möglichste Ausnutzung der Bildtelegraphie. Zur Verwendung auf Kabeln ist ein neuer Apparat auf den Markt gebracht worden, der die ankommenden Zeichen verstärkt und dadurch schnelles Arbeiten ermöglicht.

Theorie. Einige theoretische Arbeiten beschäftigen sich mit der Bewegung des Stromes in Kabeln. So hat H. W. Malcolm in einer Reihe von Aufsätzen die Theorie der unterseeischen Telegraphen entwickelt[1]). Ausgehend von den bekannten Arbeiten des Lord Kelvin, dem CR-Gesetz und der einfachsten Form der Kurve des ankommenden Stromes zeigt er, daß die Gestalt dieser Kurve von den elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Empfangsapparates abhängt. Um sie unter Bedingungen der Praxis darzustellen, müssen die Konstanten der benutzten Apparate in die Rechnung einbezogen werden. — Weiter wird ein Verfahren entwickelt, die Kurven am Anfange und am Ende für beliebige Apparate durch einfache Rechnung zu erhalten. Mittels dieses Verfahrens wird die Theorie der Verwendung von verschiedenen Apparaten, nämlich der Kombinationen von Widerständen und Kondensatoren, von induktiven Vorschaltewiderständen und von künstlichen Nebenschlüssen entwickelt sowie der Einfluß gezeigt, den diese Apparate auf die Gestalt der Endkurve und infolgedessen auf die höchstmögliche Schnelligkeit der Zeichengebung ausüben. Die Ergebnisse lassen sich auf Kabel jeden Typs anwenden. Schließlich wird erläutert, wie die Endkurven dazu benutzt werden können, ein Bild der Übermittlung bei verschieden bemessener Tele-

graphiergeschwindigkeit zu erhalten, wodurch der Einfluß der Apparate augenfällig hervorgekehrt wird.

In dem Aufsatz „Das CR-Gesetz und die Kabelschnelltelegraphie" beschäftigt sich Bela Gáti mit demselben Gegenstande[2]).

Weiter liegen von einem anderen Forscher, K. W. Wagner, die bemerkenswerten Arbeiten vor: „Der Verlauf telegraphischer Zeichen in langen Kabeln"[3]), „Die Aussichten der Telegraphie und Schnelltelegraphie durch Ozeankabel"[4]) sowie „Die Fortpflanzung von Strömen in Kabeln mit unvollkommenem Dielektrikum" (Mathematischer Teil)[5]) und (Technischer Teil)[6]).

Eine neue künstliche Leitung zur Untersuchung von Telegraphierströmen und Schaltvorgängen, die K. W. Wagner neuerdings hergestellt und beschrieben hat[7]), ermöglicht es, Freileitungen und Kabel sehr verschiedener Art und Länge genau nachzubilden und auf ihnen zu telegraphieren. Die bei solchen Versuchen erhaltenen Oszillogramme bieten ein brauchbares und einwandfreies Mittel, um bedeutsame Fragen für den Betrieb, insonderheit für den Kabelbetrieb, experimentell zu studieren, die bisher nur rechnerisch behandelt werden konnten.

Den mechanischen Vorgang beim Legen von Tiefseekabeln hat Italo Brunelli untersucht[8]). Für den Überschuß der auslaufenden Kabellänge (fr. mou, engl. slack) über den gleichzeitig zurückgelegten Weg des Schiffes findet er dieselben Beziehungen zur Geschwindigkeit, mit der das Kabel in vertikaler Lage im Wasser fällt, und zur Fallgeschwindigkeit, wenn die horizontale Lage des Kabels angenommen wird, die auch Werner Siemens im Jahre 1874 abgeleitet hat[9]). Ein beabsichtigter Mehrverbrauch von vorher bestimmtem Betrage läßt sich nur einhalten, wenn mit dem Kabel gleichzeitig ein Draht ausgelegt und immer straff gehalten wird. Dieses Verfahren sei zwar, — so meint B. — angewendet worden, als 1879 das Kabelschiff „Faraday" das französische transatlantische Kabel ausgelegt hat, seitdem sei es aber aufgegeben worden, weil sich bei der Ausführung Schwierigkeiten ergeben hätten. Solche zu vermeiden, gibt B. einen Apparat an, den er eingehend beschreibt.

Demgegenüber stellt aber das Haus Siemens Brothers & Cie. fest[10]), daß das Schiff „Faraday" seit jener Zeit noch 10 namentlich aufgeführte Seekabel verlegt und immer den Mehrverbrauch an Kabel auf die erwähnte Weise überwacht hat. Das Verfahren, den Stahldraht auszulegen, sei in seinem Betriebe derart vervollkommnet, daß Längen von 1500 Seemeilen ohne zu reißen hätten versenkt werden können.

Für den Fall, daß zum Messen eine zweite Kabelader benutzt werden kann, hat Chas. E. Hay eine Schleifenmethode angegeben[11]), nach der die Fehlerlage zu bestimmen ist, wenn der Leitungswiderstand sich ungewöhnlich vergrößert hat, ohne daß ein vollständiger Leitungsbruch oder ein Erdschluß eingetreten ist.

Freileitungen. Die Zahl der in den Telegraphenlinien stehenden Holzstangen in Europa dürfte nach F. Moll auf etwa 20 Millionen zu schätzen sein, von denen auf Deutschland etwa 4, Frankreich 3, England 2 und Österreich 1,4 Millionen entfallen mögen. Der geringste Teil nur wird in rohem Zustande verwendet; die meisten Stangen werden zum Schutze gegen Fäulnis einem Imprägnierungsverfahren unterworfen. Das einst am meisten angewandte Boucherie-Verfahren (mit Kupfervitriol) wird jetzt mehr und mehr verlassen. In Deutschland und Österreich werden kyanisierte und kreosotierte Stangen etwa in gleicher Anzahl verwendet. Die Ergebnisse umfangreicher Versuche der österreichischen Verwaltung mit neuen Methoden zur Konservierung sind veröffentlicht worden von R. Nowotny[12]) und von E. F. Petritsch[13]), beide in Wien[14]). Es hat sich feststellen lassen, daß die Infektion des Holzes meist durch das im Erdboden befindliche Pilzmyzel herbeigeführt wird, das mitunter noch meterweit vom Fäulnisherde in dem umliegenden Erdboden gefunden worden ist.

Eingehend hat sich Fr. Moll mit dem Gegenstande befaßt in den Aufsätzen: „Neuere Erfahrungen mit imprägnierten Stangen und Masten"[15]), „Die Konservierungsmethoden von Holzsäulen bei den Telegraphenverwaltungen (Zusammen-

stellung der Erfahrungen von 18 Staatsverwaltungen nach amtlichen Veröffentlichungen)"[16]), „Holzimprägnierung und Geheimmittel"[17]), „Die Holzkonservierung mit Fluorverbindungen"[18]). Für das Deutsche Reichs-Telegraphengebiet sind die auch von Moll benutzten umfangreichen Studien „Über die Gebrauchsdauer und den Gebrauchswert hölzerner Telegraphenstangen" von größter Wichtigkeit, die wir Christiani zu verdanken haben[19]).

Von eisernen Gestängen (Röhren nach dem Verfahren von Mannesmann, Eisenbahnschienen oder Masten aus Winkeleisen) wird im allgemeinen wenig und nur unter besonderen Verhältnissen (z. B. in Stadtlinien oder in den Kolonien) Gebrauch gemacht. Einigermaßen wird es überraschen, daß eiserne Gestänge nicht viel länger halten, als gut zubereitete Holzstangen, daß aber die Kosten der Anschaffung und Unterhaltung höher sind. Träger aus Eisenbeton, die als Telegraphenstangen kaum verwendet werden dürften, scheinen neuerdings in den Linien der Überlandzentralen bevorzugt zu werden, wie aus dem Aufsatz von Fr. Moll: „Maste für Kraft- und Lichtleitungen"[20]) zu ersehen ist. Während den mit Teeröl getränkten Holzmasten eine Lebensdauer im Mittel von 25 Jahren zugeschrieben wird, müßten die Betonmasten 75 Jahre gebrauchsfähig bleiben, um nicht teurer zu werden als jene. Werden sie das leisten? Moll meint, daß auch heute noch der Holzmast für den Ausbau unserer Leitungsnetze außerhalb der Städte das beste und billigste Material ist.

Das in Österreich zum Imprägnieren der Stangen verwendete Mittel Bellit-Doppelfluor, ein Gemenge aus Fluornatrium, Dinitrophenol und Anilinöl würde sich nach F. Ambrosius[21]) zum Schutz der Stangen gegen den Angriff von Fäulniskeimen in der Weise verwenden lassen, daß das den Stangenfuß umgebende Erdreich damit sterilisert würde. Freilich ließe sich das Mittel nur da anwenden, wo es nicht darauf ankommt, daß auf dem so behandelten Boden viele Jahre lang keine Pflanzen wieder wachsen würden.

Als Materialien für die Leitungen kommen Hartkupfer, Bronze und Eisen in Form von Drähten zur Verwendung. Bei der Anlage von Freileitungsnetzen der Überlandzentralen ist erwogen worden, ob nicht auch Leichtmetalle, z. B. das handelsübliche Reinaluminium oder Spezialaluminiumsorten zu wählen sein möchten. W. v. Moellendorff hat es unternommen, das von der Allg. Elektr.-Gesellschaft hergestellte und Spreealuminium benannte Sonderfabrikat mit Stahl, Eisen, Bronze und reinem Aluminium zu vergleichen. In seiner ersten Arbeit[22]) hat er die Zerreißfestigkeit untersucht, in einer zweiten Arbeit[23]) die Biegsamkeit und Verdrehbarkeit sowie die Druckfestigkeit und Härte. Weil das Tonerdehäutchen, das sich infolge der Oxydation der Oberfläche auf jedem blanken Aluminiumdraht bildet, durch Reibung am Bindedraht oder Isolator abgeschürft wird und es einem sich neu bildenden Häutchen ebenso ergeht, muß der Draht an den Bindestellen „gepanzert" und in eigenartiger umständlicher Weise befestigt werden. Über Erfahrungen mit Leitungen aus Leichtmetall liegen keine Veröffentlichungen vor.

Gegen das Tönen der Leitungsdrähte hat Schomers in Beuel einen aus Beton hergestellten Dämpfer angegeben[24]). Seine letzte Form ähnelt einer der Länge nach durchgeschnittenen Melone. Beide Teile, an deren Innenflächen je eine halbzylinderförmige Rinne zur Aufnahme des Drahtes ausgespart ist, werden mit Zementbrei zusammengekittet und mit Bindedraht umbunden. In seiner Lage auf dem Draht wird der Betondämpfer ebenfalls mit Bindedraht befestigt. Durch einen solchen ziemlich schweren, etwa 1 m vom Aufhängepunkte angebrachten Dämpfer werden die Transversalschwingungen des gespannten Drahtes unterdrückt; die Leitung „singt" nicht mehr.

Kabelbau. Im November 1911 vollendeten sich die ersten 60 Jahre, seitdem das Kabel zwischen Dover und Calais als erstes Unterseekabel betrieben wurde. An dieses Ereignis knüpft Max Roscher seine rückschauende Betrachtung „60 Jahre technischer Entwicklung der Unterseetelegraphie"[25]), in deren erstem Teil die Ausführungsformen alter und neuer Kabel beschrieben und die Fort-

schritte in der Herstellungsweise besprochen werden. Als Material zur Isolierung der Kupferleiter kommt für die großen Unterseekabel ausschließlich Guttapercha in Frage, ebenso wie für die großen Landkabel. Dieser kostbare Rohstoff, der anfangs nur von wildwachsenden Bäumen und Sträuchern auf beschränkten Gebieten gewonnen werden konnte, wurde infolge der stets anwachsenden Nachfrage sehr teuer und schwer zu erhalten. Durch verbessertes Sammelverfahren und planmäßiges Anpflanzen geeigneter Bäume ist versucht worden, mehr und bessere Guttapercha zu erzielen. In Tjipetir auf Java hat die niederländische Regierung eine 2500 Morgen große Plantage angelegt, wo nur zur Kabelindustrie geeignete Guttaperchasorten gewonnen werden. Über verschiedene Guttaperchasorten mit besonderer Berücksichtigung der Tjipetir-Guttapercha hat R. Ditmar eine Studie veröffentlicht[26]).

Die Gewinnung des natürlichen Kautschuks leidet unter gleichartig ungünstigen Verhältnissen wie die der Guttapercha. Eine internationale Kautschuk-Ausstellung im Jahre 1911[27]) zeigte den Stand und die Schwierigkeit der Gewinnung der beiden Rohstoffe. Über den deutschen Kautschukhandel und die Kautschukerzeugung in den deutschen Kolonien hat H. Thurn eine lehrreiche Übersicht zusammengestellt[28]). Der Stand der Herstellung von künstlichem Kautschuk gestattete noch nicht, die vorhin erwähnte Ausstellung mit derartigen Produkten zu beschicken. Fritz Hofmann (Elberfeld) wagt im Mai 1912 in einem Vortrage „Der synthetische Kautschuk vom Standpunkt der Technik"[29]), nur auszusprechen, daß vielleicht in 30 oder mehr Jahren das synthetische Material neben dem natürlichen Pflanzengummi eine ebenbürtige Rolle auf dem Weltmarkt spielen wird. Es ist noch außerordentlich viel Arbeit zu tun, so sind seine Worte, und kein ehrlicher Fachmann vermag zu sagen, wann mit synthetischem Kautschuk Geld verdient werden kann.

Während Roscher zeigt[30]), wie die Technik der Kabelverlegung, die Ausführung der Kabelapparate und die Verbesserung der Schaltungen sich seit den Anfängen der Unterseetelegraphie entwickelt haben, schildert K. W. Wagner die Verlegung des unterseeischen deutschen Telegraphenkabels nach Südamerika nach eigner Anschauung[31]). Daß aber auch bei der Auslegung von Flußkabeln ungeahnt große Schwierigkeiten zu überwinden sein können, entnehmen wir der Darstellung von Kamm[32]), in der er die Verlegung von 8 Stück je 416 m langen 250 paarigen Fernsprechkabeln im Hamburger Hafen beschreibt.

Über Kabelfehler und deren Beseitigung liegen Berichte vor, die von nicht ganz gewöhnlichen Begleitumständen erzählen. Das der Großen Nordischen Telegraphen Co. gehörige Kabel zwischen Gutzlaff und Amoy war 1909 auf einer Teilstrecke umgelegt worden[33]). In seiner neuen Lage traten auf 3 Meilen Länge innerhalb von 6 Monaten 10 Brüche auf. Die Untersuchung ergab, daß die Adern winzig kleine Risse hatten, die entstanden waren, weil das Kabel in seiner ersten Lage einem Zuge von häufig wechselnder Stärke ausgesetzt gewesen war. — Bei einer früheren Instandsetzung des 1871 verlegten Kabels zwischen Marseille und Algier[34]) hatte sich, als man eine Spleißstelle versenkte, eine Schleife gebildet und zu einem Knoten zusammengezogen. An dieser Stelle fand sich der Leitungsdraht von einer großen Menge Kupferoxyd eingehüllt. — Am Bodenseekabel Kressborn-Hard, das 1865 ausgelegt worden ist, wurden im Juli 1911 zwei Bruchstellen beseitigt, die etwa 400 m voneinander entfernt lagen[35]). An der einen Stelle ließ der Befund der Kabelenden auf starke chemische Einflüsse schließen. Die weitere Untersuchung ergab, daß das Kabel von Schwefelwasserstoff angegriffen worden war, der von schwefelhaltigen Quellen auf dem Seegrund, vielleicht aber auch vom Kadaver eines größeren Tieres oder von einer Leiche ausgegangen sein mochte.

Apparate. Der im Telegraphen-Versuchsamte von O. Brauns ausgearbeitete polarisierte Klopfer, den Feuerhahn beschreibt[36]), läßt sich gleicherweise in Arbeits-, wie in Ruhestromleitungen verwenden. Wesentlich ist an ihm, daß der Drehpunkt des Ankers zwischen den beiden Magnetpolen liegt. Seine

Magnetrollen lassen sich hinter- oder nebeneinander schalten. Ein zweites für lange Kabelleitungen bestimmtes Muster gestattet die Einschaltung eines fliegenden Nebenschlusses. Die Nebeneinanderschaltung der Rollen ist vorteilhaft in oberirdischen Ruhestromleitungen und in längeren Kabelleitungen. Der fliegende Nebenschluß erhöht die Telegraphiergeschwindigkeit in Kabeladern wesentlich, wenn die Rollen hintereinander geschaltet sind, dagegen nur wenig bei der andern Rollenschaltung.

Jos. Zelisko hat sein 1907 herausgebrachtes Drehspulenrelais noch verbessert[37]). Die Feldstärke ist verkleinert, trotzdem beträgt das vom Strome erzeugte Drehfeld das Vierfache von dem der alten Ausführungsform. Auch ist der Druck der Zunge gegen die Kontakte erheblich verstärkt worden.

Der alte Vorschlag, die Empfangsapparate des Morsetypus so einzurichten, daß sie die ankommenden Zeichen auf dem Streifen in Lochschrift wiedergeben und daß mittels dieses Lochstreifens die im Durchgange zu befördernden Telegramme unmittelbar weitertelegraphiert werden sollen, den Jaite schon 1868 verwirklicht hat, ist neuerdings wieder aufgenommen und bei mehreren Apparaten verwendet worden. Hier ist an erster Stelle der nach seinem Erfinder benannte Typendruck-Telegraph von Donald Murray zu nennen, der jetzt zu einem vielfach arbeitenden Seiten-Druckapparat ausgebaut ist. In einem Vortrage: „Practical Aspects of Printing Telegraphy“ hat Murray seinen letzten Multiplexapparat beschrieben[38]).

Wie wenn es einen Wettbewerb mit Murray gelten sollte, sind mehrere Apparate nach demselben Prinzip konstruiert worden. Erstens haben Siemens Bros. & Co. in London einen Empfangslochapparat konstruiert[39]), der mit einem Wheatstone-Sender zusammen arbeitet und 80 bis 100 Worte in der Minute aufzunehmen vermag. Das aufgenommene Telegramm kann auf einer andern Leitung weiterbefördert werden, indem der durchlochte Aufnahmestreifen unmittelbar durch einen Doppelstromsender besonderer Form durchgezogen wird. In beiden Apparaten werden die Lade- und Entladeströme eines Kondensators in eigenartiger Weise zu mechanischer Leistung benutzt. Vielseitiger als diese sind zweitens die Apparate von F. G. Creed in Lenzie (Schottland)[40]). Sein Aufnahme- und Stanzapparat erzeugt die gleichen Löchergruppen im Streifen, wie der Dreitastenlocher von Wheatstone. Der Lochstreifen kann also in einem Wheatstone-Geber zum Abtelegraphieren dienen. Um das Abschreiben der aufgenommenen Nachrichten entbehrlich zu machen, hat Creed noch einen Apparat, den Drucker, erdacht, der den Text in Typendruck wiedergibt. Ein dritter Apparat — der Übertrager — ist zum Gebrauch solcher Anstalten bestimmt, bei denen die auf oberirdischen Leitungen in Wheatstoneschrift angekommenen Telegramme auf einer Kabelleitung in Recorderschrift weiterbefördert werden müssen. Da der vom Empfänger erzeugte Streifen in den unmittelbar daneben gestellten Übertrager eingeführt werden kann, so lassen sich die Telegramme ohne Zeitverlust weiterbefördern, wie mittels einer Relais-Übertragung, wenn nur der Übertrager nicht merklich schneller läuft, als der Empfänger. Endlich drittens gehören hierher noch die von der Siemens & Halske A.-G. in Berlin hergestellten Apparate, die E. Ehrhardt beschrieben hat[41]). Ein Lochapparat für Morseschriftzeichen dient als Empfangsapparat. Er kann aber auch in Verbindung mit einer gewöhnlichen Morsetaste dazu benutzt werden, im kurzen Schluß Lochstreifen zum Abtelegraphieren herzustellen. Das Abtelegraphieren geschieht mit Hilfe einer Sendeeinrichtung, die ziemlich einfach ist. Geringfügige Änderungen ermöglichen es, auch normale Wheatstone-Streifen zu erzeugen.

Wem die Bedeutung des Baudotapparates für den modernen Telegraphenbetrieb noch fremd sein sollte, der kann darüber näheres aus dem Vortrage ersehen, den Fr. Stöger in der Fachgruppe für Elektrotechnik des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins gehalten hat[42]). Noch mehr zu empfehlen ist das Buch von Y. Caminade und L. Naud „Der Vielfach-Telegraph Baudot und seine Anwendungen“[43]). Die Baudot-Übertragungen sind jetzt wesentlich

durch einen Hilfsapparat „Retransmetteur" verbessert worden, der es sogar ermöglicht, von Verteilern mit höherer auf solche mit niedrigerer Kontaktzahl zu übertragen. Die theoretische Leistung eines Gebers im Sechsfachbetriebe ist bis zu 180 Buchstaben in der Minute, oder — 1 Wort gleich 5 Buchstaben gerechnet — bis zu 2160 Worten in der Stunde anzunehmen. In manchen Leitungen ist aber die Verkehrs-Belastung so gering, daß nicht einmal ein Zweifach-Baudot genügend ausgenutzt wird. Für solche ist der Einfach-Baudot konstruiert worden[44]), der nicht fortwährend zu laufen braucht und auch des Gleichlaufs nicht bedarf. Dieses Modell ist einfach und billig.

Über Neuerungen am Ferndrucker von Siemens & Halske, dem auch A. Berthier eine Betrachtung gewidmet hat[45]), werden wir durch Schramm im Anschluß an die Beschreibung der früheren Ausführung des Apparates weiter eingehend unterrichtet[46]). Der Apparat findet nicht nur in privaten Ferndruckernetzen in immer steigendem Maße Verwendung, er wird auch im staatlichen Telegraphenbetriebe viel benutzt, z. B. in Berlin, Bremen, Hamburg.

Betrieb. Über den praktischen Wert der Phototelegraphie und der Telautographie sind die Ansichten noch geteilt. Die im Interesse einiger großer Zeitungen bereits mit anerkennenswertem Erfolge durchgeführten Versuche von A. Korn und B. Glatzel[47]) haben zu weiteren Forschungen und Vorschlägen angeregt. Trotzdem nun die Schwierigkeiten, die von der Trägheit der Selenzellen verursacht werden, durch eine von Korn angegebene Kompensationsschaltung nahezu behoben waren, versagte diese Methode, als sich das Bedürfnis geltend machte, Bilder mit feinen Einzelheiten, z. B. Gruppenaufnahmen, zu übermitteln. In einem Aufsatze: „Die neuere Entwicklung der Phototelegraphie" zeigt Glatzel[48]), wie sich das Verfahren dadurch verbessern läßt, daß der Empfang mit Saitengalvanometern geschieht, und daß die zur Beförderung bestimmte Photographie mit einem sogenannten Kornraster nach Hans Strecker reproduziert wird; das ankommende Bild erscheint nunmehr aus ganz unregelmäßig angeordneten Punkten zusammengesetzt. A. Marino hat[49]), um den nachteiligen Folgen des Selens zu entgehen, 7 besonders zubereitete Zellen im Geber nebeneinander geschaltet, von denen jede nur für eine der 7 reinen Farben des Spektrum empfänglich ist. Der Empfangsapparat enthält eine Bogenlampe, durch deren Lichtbogen die von den 7 Zellen beeinflußten Ströme geleitet werden. Dadurch entstehen Lichtschwankungen, die sich zur Herstellung der Bilder verwenden lassen.

Andere Erfinder haben sich anderer Mittel bedient. So läßt L. Tschörner (Wien)[50]) durch den veränderten Widerstand einer Selenzelle die Stellung eines Sendestiftes auf elektromagnetischem Wege derart beeinflussen, daß ein rotierender Geber entsprechend der wechselnden Belichtung der Zelle längere oder kürzere Stromimpulse aussendet. Als Empfangsapparat dient eine kleine Rasterkammer, in der das Klischee entsteht, von dem das Bild als Autotypie abgedruckt werden kann. A. A. Campbell Swinton[51]) hat in seine Geber und Empfänger Crookessche oder Braunsche Röhren eingebaut. Die Apparate sind sehr verwickelt.

Den Betrieb der an Klappenschränken zentralisierten Stadtleitungen verbessert F. Ambrosius dadurch[52]), daß er den Widerstand jeder Leitung (einbegriffen derjenigen zweier Morseapparate und der Zimmerleitung) durch Einschalten eines künstlichen Widerstandes auf rund 2000 Ohm abgleicht. In den Stadtanstalten ist vor den Morseapparat ein Kondensator geschaltet, der kurz geschlossen wird, wenn eine Anstalt selbst ruft oder arbeitet. Das Telegraphenamt ruft die Stadtanstalten mittels Wechselstroms an.

Die Fortschritte in der Konstruktion, Verwendung und Schaltung der Kabel-Apparate während der 60 Jahre des Bestehens einer Unterseetelegraphie hat Roscher übersichtlich angegeben[53]). Der von ihm auch erwähnte Apparat des Engländers Heurtley — der „Magnifier" — eignet sich zum Gegensprechverfahren und erhöht die Leistung im Durchschnitt um 40% in jeder Richtung, indem er eine erhöhte Sprechgeschwindigkeit zuläßt. Sein Name „Vergrößerer" soll an-

deuten, daß er die ankommenden Zeichen vergrößert. Die Bauart und Schaltung des Magnifiers hat L u e r s ausführlich beschrieben[54]). Der Apparat hat die Form eines Heberschreibers doch ohne Motor und Schreibvorrichtung. Die Bewegungen der Spule werden mittels Quarzfäden auf ein Glasröhrchen übertragen, durch das ein dünner Bronzedraht hindurchgeführt ist. Das eine Ende dieses Bronzedrahtes ist mit zwei sehr dünnen Wollastondrähten verlötet, die in dem einen Winkelpunkte eines Wheatstoneschen Vierecks zusammentreffen. Zwei Seiten davon werden von eben diesen Wollastondrähten, die beiden andern von zwei Widerständen mit parallel geschalteten Nebenschlüssen gebildet. In der Diagonalverbindung, von welcher der feine Bronzedraht einen Teil bildet, liegt der Siphon-Rekorder, in der andern eine Batterie von 36 Volt Spannung. Durch Regulieren der Nebenschlüsse an den Widerständen wird die Diagonale mit dem Rekorder stromfrei gemacht. Unterhalb der Wollanstondrähte, die von dem hindurchfließenden Strome erhitzt werden, befinden sich geschlitzte Röhren, aus denen ein Strom gekühlter Luft emporsteigt. Hierdurch werden die „Hitzdrähte" während der Ruhe gleichmäßig abgekühlt, so daß der Rekorder stromlos bleibt. Werden aber das Glasröhrchen mit dem Bronzedraht und gleichzeitig damit die beiden Hitzdrähte beim Arbeiten des „Verstärkers" bewegt, so werden die Hitzdrähte ungleichmäßig abgekühlt. Infolgedessen wird der Rekorder von einem Strome durchflossen. Die Kühlröhren sind nun so gestaltet und angeordnet, daß entsprechend der Bewegung des Glasröhrchens nach der einen oder andern Seite der eine oder der andere Hitzdraht mehr abgekühlt wird, als der andere. Dementsprechend wird der Rekorder von Strömen wechselnder Richtung durchflossen, die sich mit der im Verstärker aus dem Kabel ankommenden Stromrichtung ändert. Mitgeteilte Schriftproben zeigen die Verbesserung der Schrift augenfällig. Während der Störung des einen Azorenkabels konnte die Kabelstation Horta ihre Empfangsgeschwindigkeit mittels des Heurtley-Apparates bis auf 230 Buchstaben in der Minute steigern[55]), so daß es möglich gewesen ist, fast den gesamten Verkehr nach Amerika zwischen Emden und Horta auf dem andern betriebsfähigen Azorenkabel allein zu bewältigen.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts haben die sehr einfachen Anordnungen zum Gegensprechen von F r. F u c h s und von O. C a n t e r, die beide keine künstlichen Leitungen erforderten, in der Praxis sich auf Leitungen bis etwa zu 100 km Länge als betriebssicher erwiesen. Ihnen zum Nachteil gereichte es, daß sie nur zum Morsebetrieb verwendbar waren und daß sie daher nicht mehr leisteten, als der Hughesapparat im Einfachbetriebe. An diese Vorläufer sich anlehnend hat Fr. A m b r o s i u s ein Gegensprechverfahren ausgearbeitet[56]), das ebenfalls keine künstliche Leitung erfordert, das aber für Hughesbetrieb verwendbar ist sowie für Morse- und Klopferbetrieb in Arbeits- und in Ruhestromschaltung. Es ist zu erwarten, daß dieses Verfahren für Leitungen von etwa 100 km Länge ebenso brauchbar sein wird, wie seine Vorgänger. Mitteilungen über praktische Erfahrungen damit liegen noch nicht vor.

Um die von vagabundierenden Wechselströmen ausgehende schädliche Wirkung auf Telegraphenleitungen, die mit Gleichstrom betrieben werden (z. B. Morseleitungen) aufzuheben, verwendet V o i s e n a t[57]) eine Kompensationsmethode. Das Empfangsrelais erhält zwei Magnetrollen mit Differentialwicklungen, von denen die eine über einen Rheostaten, die andere über einen Kondensator und eine damit in Reihe geschaltete Selbstinduktionsspule mit dem Ruhekontakt der Taste verbunden sind. An den andern mit einander vereinigten Enden der Wicklungen liegt die Leitung.

Neben großen Anschaffungskosten besteht der Nachteil, daß Stromstärken und Spannungen zu hohen Werten anwachsen und daß der Ausgleich nicht vollkommen gelingt. Das vermeidet G i r o u s s e[58]) dadurch, daß er die beiden Wicklungen genau gleich macht auch hinsichtlich der Impedanz. Dazu verwendet er Selbstinduktionsspulen ohne Eisenkern.

Je reger der Verkehr bei einer Telegraphen- oder Fernsprechanstalt ist, desto schwieriger wird die Ausbildung der Dienstanfänger, weil dafür keine Betriebs-

apparate verfügbar gemacht oder benutzt werden können. Es müssen daher bei den größeren Anstalten besondere Schaltungen und Apparate zu Übungszwecken geschaffen werden. Im Bezirk der OPD. Berlin ist für das gesamte Telegraphen- und Fernsprech-Unterrichtswesen ein besonderes Amt, das Telegraphen-Schulamt, geschaffen worden, dessen Einrichtungen Arnholz beschreibt.[59]) Es umfaßt: die Schulfernsprecheinrichtung Z.-B., eine Demonstationsschaltung, Sprechstellenanlagen, Vermittlungseinrichtungen O.-B., Morse- und Klopferschaltungen zum Üben, eine Telegraphenanlage zu Morsebetrieb, Apparate zur Ausbildung an Summern, ein Ferndruckerzimmer, einen Hughesübungssaal. Über die Lehrmittel, das Lehrpersonal, die Unterrichtserteilung und die Schlußprüfungen sind in dem Aufsatze schätzbare Angaben zu finden.

Verwaltung. Das häufige Auftreten eines Krampfes[60]), der namentlich die am Morseapparat arbeitenden Telegraphisten befiel, hat den englischen General-Postmeister veranlaßt, zu verordnen, wie die Beamten richtig sitzen, die Taste halten und nur aus dem Handgelenk arbeiten sollen.

Über Militärtelegraphie liegen mehrere Veröffentlichungen vor: aus Frankreich von Lieutenant-Colonel Biais[61]) über ihre Organisation und Verwendung; aus Tunis und Algier die Instruktion[62]); aus Österreich-Ungarn von Hauptmann C. Hauska[63]) über die Gliederung des seit dem 1. Oktober 1911 selbständigen K. u. K. Telegraphenregiments; über eine neue Sondereinrichtung im telegraphischen Dienste bei den österreichisch-ungarischen Generalkommandos[64]); aus Schweden über die Feldtelegrapheninstruktion[65]); aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika von J. A. Montpellier über die Dienstobliegenheiten des militärischen Signalkorps[66])und von G. R. Guild über die Verwendung des polariserten Summers als Empfangsapparat[67]).

Ganz friedlich mutet dagegen die Vereinbarung zwischen Bulgarien und Rußland an über den Austausch telegraphischer Postanweisungen[68]). Einen weitausschauenden Plan entwickelt ein Artikel „De la dévolution des Taxes accessoires“[69]). Darin wird vorgeschlagen, ein internationales Abrechnungsbüro einzurichten zum Ausgleich von Forderung und Schuld zwischen allen Verwaltungen mit der besonderen Absicht, die sogen. Nebengebühren demjenigen Staate auf die einfachste Weise zuzuführen, dem sie zustehen.

Den vielseitigen Einfluß des Welt-Kabelnetzes und der Kabeltelegraphie auf den verschiedensten Gebieten hat Roscher[70]) in einer längeren Studie untersucht.

Mit den englischen „Codes“, die bisher fast ausschließlich benutzt worden sind, und deren Gebrauch die Beherrschung der englischen Sprache voraussetzt, tritt nunmehr der „Carlowitz-Code“[71]) als deutscher Telegrammschlüssel in Wettbewerb. Mittels solcher Schlüssel werden die Telegramme selbst kürzer und für den Absender billiger. Die Kürze der Telegramme kann aber den Kabelgesellschaften nur erwünscht sein, weil ihre Kabel um so besser dem Verkehrsbedürfnis genügen, je kürzer die einzelnen Nachrichten sind; auch so sind die Kabel meist voll ausgenützt, ein großer Teil muß sogar mit Gegensprechen betrieben werden. Daß die drahtlose Ozeantelegraphie einen nachteiligen Einfluß auf die Kabeltelegraphie ausgeübt hätte, geht aus der Statistik der Einnahmen und Dividenden englischer Kabelgesellschaften nicht hervor.[72])

[1]) Malcolm, Electrician (Ldn.) Vol. 68, p. 876, 916, 1049; Vol. 69, p. 181, 315, 491, 611, 740, 869, 980. — [2]) Gáti, El. Masch.-Bau 1909, p. 847. — [3]) Wagner, Phys. Z. 1909, p. 865. — [4]) Wagner, El. Z. 1910, p. 163 u. 192. — [5]) Wagner, Nachricht. d. K. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen, Math.-Physik. Kl. 1910. — [6]) Wagner, El. Z., 1911, p. 258. — [7]) Wagner, El. Z. 1912, p. 1289 und 1321. — [8]) Brunelli, Jl. Télégr. 1912, p. 4, 26, 50. — [9]) Werner Siemens, Wissenschaftliche und technische Arbeiten, I. Bd., p. 234 ff. — [10]) Siemens Bros., Jl. Télégr. 1912, p. 73. — [11]) Hay, El. Rev. (Ldn.), Vol. 70, p. 1063. — [12]) Moll, Z. f. Post u. Teleg. (Wien) 1909, p. 265, 273, 281. — [13]) Nowotny, ebenda 1909, p. 113, 121, 129, 137 und El. Masch.-Bau 1910, p. 173. — [14]) Petritsch, Zu vergl. Helios 1912, p. 104. — [15]) Moll, Helios 1911, p. 351.

— [16]) Moll, Helios 1912, p. 60. — [17]) Moll, Helios 1912, p. 220. — [18]) Moll, Helios 1912, p. 297. — [19]) Christiani, Archiv f. Post u. Telegr. 1905, p. 505 und 1911, p. 225. — [20]) Moll, Helios 1912, p. 605. — [21]) Ambrosius, Helios 1912, p. 104. — [22]) v. Moellendorff, El. Z. 1910, p. 1107. — [23]) v. Moellendorff, Archiv f. Post u. Tel. 1911, p. 569. — [24]) Schomers, Z. f. Schwachstr. 1912, p. 53 nach D. Str.- u. Kleinbahn-Ztg. 1911, p. 870. — [25]) Roscher, El. Z. 1912, p. 664. — [26]) Ditmar, Z. Chemie u. Ind. d. Kolloide 1911, 10. Bd., p. 233. — [27]) Archiv f. Post u. Teleg. 1911, p. 155. — [28]) Thurn, Archiv f. Post u. Teleg. 1911, p. 454. — [29]) Hofmann, Z. Schwachstr. 1912, 11, p. 290. — [30]) Roscher, El. Z. 1912, p. 714, 740. — [31]) Wagner, El. Z. 1912, p. 943, 979. — [32]) Kamm, Archiv Post u. Tel. 1912, p. 457. — [33]) El. Rev. (Ldn.) 1912, Vol. 71, 1808, p. 111. — [34]) Ann. postes, Sept. 1912, p. 139. — [35]) Z. f. Schwachstr. 1912, 2, p. 33. — [36]) Feuerhahn, Arch. Post u. Telegr. 1912, p. 247 und Ambrosius, Helios 1912, p. 451. — [37]) Zelisko, El. Masch.-Bau 1912, p. 35 und Helios 1912, p. 340. — [38]) Murray, Jl. Inst. El. Engin. 1911, Vol. 47, p. 450. — [39]) Z. Schwachstrom 1912, p. 425. — [40]) Creed, Jl. télégr. 1912, p. 97; Ambrosius, Helios 1912, p. 590; Z. Schwachstrom 1912, p. 340. — [41]) Ehrhardt, El. Z. 1911, p. 922. — [42]) Stöger, Im Auszuge, Helios 1912, 37, p. 451. — [43]) Caminade u. Naud, Paris 1912, Bibl. du „Courr. des exam. des postes, télégr. et téléph." — [44]) Helios 1911, 29, p. 393; Telegraph. Electricity 1912, Vol. 27, 1129, p. 429. — [45]) Berthier, Cosmos 1912, 61. An., 1406, p. 13. — [46]) Schramm, Archiv Post u. Telegr. 1905, p. 313; Archiv Post u. Telegr. 1911, p. 465. — [47]) Korn u. Glatzel, Handbuch der Phototelegraphie und Telautographie, Leipzig 1911 bei Otto Nemnich. — [48]) Glatzel, Helios 1911, p. 473. — [49]) Marino, Lum. él., Sér. 2, T. 19, p. 261. — [50]) Tschörner, Z. Post u. Telegr. (Wien), 1912, p. 25 und Helios 1912, p. 341. — [51]) Swinton, Z. Schwachstrom 1912, p. 149; Helios 1912, 37, p. 452; El.-physik. Rdsch. 1912, p. 61. — [52]) Ambrosius, Helios 1912, p. 73. — [53]) Roscher, El. Z. 1912, p. 740. — [54]) Luers, Arch. Post u. Telegr., p. 65; Electricity, Vol. 26, p. 229; auch Z. Schwachstrom 1912, p. 174. — [55]) Deutsche Verkehrszeitung 1913, 1, p. 5. — [56]) Ambrosius, Helios 1912, 10, p. 121. — [57]) Voisenat, Jl. télégr. 1911, p. 126; El. Masch.-Bau 1912, p. 374; Helios 1911, p. 495. — [58]) Girousse, El. Masch.-Bau 1911, p. 863; Helios 1912, p. 116. — [59]) Arnholz, Archiv Post u. Telegr. 1912, p. 341. — [60]) Jl. télégr. 1912, p. 172. — [61]) Biais, Ann. Postes 1911, 2, p. 175; Z. Schwachstrom 1912, p. 256, 314, 353. — [62]) Paris chez Carles-Lavanzelle 1912. — [63]) Hauska, N. Milit. Bl. 1911, p. 357. — [64]) Rev. Milit. port. 1911, Outubre, p. 870. — [65]) Stockholm b. Norstedt 1911. — [66]) Montpellier, Electricien (Paris), Sér. 2, T. 44, p. 177. — [67]) Guild, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 931. — [68]) Jl. télélgr. 1912, p. 90. — [69]) Jl. télégr. 1912, p. 74. — [70]) Roscher, Archiv Post u. Telegr. 1911, p. 689. — [71]) Hamburg bei Carlowitz & Co., 2 Bde. — [72]) El. Z. 1912, p. 874.

Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Theorie und Allgemeines. Es ist sehr zu begrüßen, wenn von Zeit zu Zeit untersucht wird, welchen Stand ein schnell voranschreitender Zweig der Elektrotechnik, wie die Funkentelegraphie, erreicht hat, und welche Fragen noch einer näheren Untersuchung bedürfen. Einen solchen Rückblick und Ausblick hat Fleming[1]) in einem weit angelegten Vertrag gegeben. Unsere Kenntnis bedarf noch sehr der Ergänzung in der Frage der Energieübertragung. Die erste noch nicht völlig beantwortete Frage ist, in welcher Weise die Wellen sich um beträchtliche Teile des Erdumfangs fortpflanzen können, und in wie weit sie noch als reine Äther-Wellen anzusprechen sind. Die von Sommerfeld vermuteten Oberflächenwellen, im Unterschied von den im freien Raum sich fortpflanzenden Raumwellen und den in der Erdkruste verlaufenden, dürften eine Lösung der Frage geben. Eine andere Frage ist die nach der Ursache der Verminderung der Reichweite durch das Tageslicht. Neben den Theorien über die Wirkung der direkten Belichtung der Antenne und der Absorption in den ionisierten höheren Luftschichten stellt Fleming eine neue auf, wonach die Ionen als Kondensationskerne für Wasserdampf wirken, und die zahlreich vorhandenen Kügelchen den oberen Schichten eine erhöhte Dielektrizitätskonstante geben und damit eine geringere Fort-

pflanzungsgeschwindigkeit. Die zwischen der Erde und diesen Schichten laufende Welle bäume sich infolge der Verzögerung an der oberen Schicht auf und gehe über die Antenne hinweg. Praktische noch zu lösende Aufgaben sind die der gerichteten Telegraphie, deren erste Erfolge durch die geknickten Antennen und die Kiebitzsche Anordnung erzielt wurden, ferner einfache Vorrichtungen zur Aufzeichnung der Nachrichten und eine Anrufeinrichtung, die dem aufnehmenden Telegraphisten das dauernde Lauschen erspart. Zur Lösung der bezeichneten theoretischen Aufgaben bedarf man verbesserter Methoden, die von einer Station ausgehende oder empfangene Leistung zu messen, was entweder durch die Bestimmung des Strahlungswiderstands oder durch vergleichende Leistungsmessungen geschehen kann.

Messungen der ausgestrahlten Leistung. C. Fischer[2]) vergleicht das strahlende System mit einem nicht strahlenden, indem er die Antenne gegen einen Kondensator mit Widerstand austauscht. Die Systeme werden von demselben Primärkreis mit ungedämpften Schwingungen erregt und der Widerstand so lange geändert, bis das strahlende und das nicht strahlende System gleiche Leistung vom Primärkreis aufnehmen. Dies Verfahren gibt die Summe des Verlust- und des Strahlungswiderstandes. Versuche, bei denen nur die den Empfänger treffende Strahlung zur Wirkung kommt, rühren von Erskine-Murray[3]) her. Im Abstand einiger Wellenlängen vom Sender wird eine Hilfsantenne aufgestellt, die auf die unverändert gehaltene Senderfrequenz abgestimmt, aber dann aperiodisch gemacht wird. Als Sender verwendet man eine Antenne mit zwei um 10% verschiedenen Längen. Die Leistung des Senderkreises wird konstant gehalten und es werden die Stromstärken im Sender und Empfänger beobachtet. Größere unmittelbare Wirkungen erhält man nur in nicht zu großem Abstand vom Sender, indessen hat Austin[4]) eine Vertauschungsmethode ausgearbeitet, die auch bei größeren Abständen eine genügende Empfindlichkeit der Messung ergibt.

Neben diesen Fragen, die von den Eigentümlichkeiten eines besonderen Systems absehen, sind eine große Zahl von Spezialfragen bearbeitet worden, von denen einige näher erwähnt werden mögen.

Oszillographische Darstellung der Vorgänge. Als Oszillograph für Hochfrequenzschwingungen ist von mehreren die Braunsche Röhre benutzt worden, indem man das eine Ablenkungssystem von den Hochfrequenzströmen, das andere von einer sinusförmigen Spannung oder Stromstärke gleicher Frequenz speiste. So gab Ort[5]) die Analyse von Lichtbogenschwingungen, indem die sinusförmige Schwingung durch einen vom Lichtbogenkreis in loser Kopplung erregten und auf die Grundfrequenz abgestimmten Schwingungskreis geliefert wurde. Auf dem Schirm der Braunschen Röhre zeigen sich dann geschlossene Kurven, aus denen durch graphische Auflösung der zeitliche Verlauf der Schwingung abgeleitet werden kann.

Marx und Banneitz[6]) benutzen eine Anordnung dieser Art zur Demonstration von Resonanzkurven. Der Kondensator des Wellenmessers wird dauernd gedreht und ein Arm an seiner Achse schleift dabei auf einem ringförmigen Widerstand, der vor den Spulen des magnetischen Systems der Röhre liegt; dessen Stromstärke ändert sich daher proportional dem Drehwinkel. Parallel zum Kondensator liegt das elektrische System der Röhre, so daß der Lichtzeiger im ganzen die Resonanzkurve beschreibt.

Verwandte Apparate sind der Huthsche Wellenmesser (Powell)[7]), bei dem die beweglichen Platten mit gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufen; die als Anzeiger dienende Neonröhre leuchtet bei gleichbleibender Wellenlänge jedesmal an derselben Stelle auf und erscheint bei der großen Häufigkeit der Lichtzeichen als ständig leuchtende Marke; ferner der Resonanzkurvenschreiber von Kock[8]), bei dem der einstellbare Teil des Variometers gedreht wird; je nach der Stromstärker zeigt eine quer zur Elektrodenrichtung im Kreise bewegte Glimmlichtröhre ein mehr oder weniger breites Band, das im ganzen ein der Resonanzkurve ähnliches Bild ergibt.

Sendeapparate. Die Verbesserungen der Sendeapparate beziehen sich zum Teil auf die Vervollkommnung der Hochfrequenzmaschinen, zum Teil auf die Verbesserungen der Stoßentladungsstrecken. Graf Arco[9]) führte auf der Londoner Konferenz eine neue Hochfrequenzmaschine vor, die bei 2500 m Wellenlänge eine Leistung von 2500 W ergab. Über ihre Wirkungsweise ist in der Literatur noch nichts mitgeteilt, außer, daß sie ebenfalls, wie die Goldschmidtsche eine größere Periodenzahl ergibt, als ihr nach der Polzahl und Drehgeschwindigkeit zukommt. Eine andere Lösung dieser Aufgabe wird von Latour[10]) beschrieben, der in einem Satze von Wechselstrommaschinen zweiphasige Drehströme erzeugt. Die der ersten Maschine werden so in das Feld der zweiten eingeleitet, daß das von ihnen erzeugte Drehfeld entgegengesetzt dem Drehsinn der Maschine umläuft, so daß die zweite Maschine und jede folgende die Frequenz verdoppelt. Alle Maschinen können auf derselben Achse sitzen. Die schon länger bekannte Hochfrequenzmaschine von Alexanderson[11]) mit großer Umlaufzahl und enger Polteilung ist mechanisch vervollkommnet worden.

Entladungsstrecken. Boas[12]) hat die Löschfunkenstrecke verbessert durch Anwendung offener sehr enger Funkenstrecken (0,01 mm) zwischen ebenen, 1 bis 2 cm² großen Flächen aus Platiniridium und neuerdings Wolfram. Die Kopplung läßt sich auf 47% und höher treiben, ohne daß Kopplungswellen neben den Stoßwellen nachweisbar werden.

Coursey[13]) beschreibt einen Quecksilberunterbrecher, der bis zu 50 000 Unterbrechungen in der Sekunde gibt. Die Funken sollen zwar nicht so gut, wie bei Lepel und Telefunken, aber besser als die bei Marconis Scheibensender gelöscht werden. Eccles und Makower[14]) untersuchten eine Funkenstrecke in fließendem Wasser oder Transformatorenöl. Die in Wasser gibt geräuschfreie und gleichmäßige Schwingungen für Versuchszwecke, Öl dagegen macht die Entladung ebenso wirksam, wie die in Luft, während auch bei starker Kopplung eine gute Löschwirkung zustande kommt.

Gerichtete Telegraphie. Die Frage der gerichteten Telegraphie hat in der Berichtszeit keine besondere Förderung erfahren. Kiebitz[15]) konnte über neue Versuche mit einfachen und doppelten Erdantennen bei Norddeich, Güstrow und Swinemünde berichten. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie[16]) hat auf die Verwendung von nahezu wagerechten richtfähigen Antennen eine Vorrichtung zur Orientierung einer beweglichen Station gegen eine feste bekannten Orts, den Telefunken-Kompaß, begründet. Von dem Träger einer senkrechten Antenne werden 32 nach allen Richtungen unter gleichen Winkeln ausstrahlende geneigte Antennen getragen, von denen je zwei ein Paar bilden, und die der Reihe nach in jeder halben Minute einmal erregt werden; auch die nicht gerichtete Antenne wird jede halbe Minute einmal erregt.

Empfangsapparate. Aperiodischer Empfänger. Die Schärfe der Abstimmung einer Empfangsstation kann nach Kiebitz[17]) durch einen Zwischenkreis vergrößert werden, während dabei allerdings die Lautstärke abnimmt. Außer der Grundschwingung und den harmonischen Oberschingungen kann ein Schwingungssystem, das wie ein Antennenkreis aus verschiedenartigen Teilen zusammengesetzt ist, infolge der Reflexionen an den Unstetigkeitsstellen noch unharmonische Oberschwingungen ausführen; diese werden durch den Zwischenkreis vom Detektorkreis abgehalten. Um diesen aperiodisch zu machen, ist es besonders wichtig, tote Kapazitäten zu vermeiden, die entweder parallel oder in Reihe zum Detektor auftreten.

Doppelte Abstimmung. Torikata und Yokoyama[18]) haben die schon früher aufgeworfene Frage experimentell untersucht, wie man beide Kopplungswellen eines Systems zum Empfang benutzen könnte. Im Laboratorium fand man, daß der Empfang am günstigsten war, wenn alle vier in Betracht kommenden Kreise einzeln die gleiche Eigenschwingung und, zu zweien gekoppelt, dieselben Kopplungsschwingungen besaßen. Versuche an Stationen hatten keine gleichmäßigen Ergebnisse; es scheint aber der Empfang mit einer Welle, in den Ver-

suchen mit der längeren, mindestens ebenso gut, wie der mit beiden gewesen zu sein.

Einfluß des Lichts auf die Übertragung. Der Einfluß der Sonnenfinsternis am 17. April 1912 auf die Ausbreitung der elektrischen Wellen wird verschieden beurteilt.

Während Turpain[19]) bei den vom Eifelturm ausgehenden Signalen, Eccles[20]) bei denen von Clifden, Schledermann[21]) bei denen der Kopenhagener Werftstation, Telefunken[22]) bei denen von Norddeich in der Berliner Empfangsstation eine deutliche Zunahme der Lautstärken während der Verfinsterung wahrnahmen, konnte Kiebitz[23]) bei fünf Empfangsstellen in Deutschland keinen Einfluß auf die von Norddeich kommenden Zeichen feststellen; nur bei einer besonders großen und besonders weit abgelegenen ergab sich in der Zeit nach der größten Bedeckung eine damit möglicherweise zusammenhängende Verstärkung.

Über den Einfluß des Tageslichts und atmosphärischer Störungen auf die Reichweite haben de Forest[24]), Schwarzhaupt[25]), Mosler[26]) neues Material beigebracht.

Telegraphie von Luftschiffen. Auch in der Luftschiffahrt wird die drahtlose Telegraphie mehr und mehr eingeführt. Bei Lenkballons[27]) bildet man Antenne und Gegengewicht aus der Gondel und einem frei herabhängenden Draht (Telefunken) oder man läßt von der Gondel eine Doppelleitung mit ungleich langen Zweigen herabhängen (Beggerow). Nach Meyenberg legt man um den Ballon ein leitendes Netz, das dem herabhängenden Draht als Gegengewicht dient, nach Mosler[28]) legt man um den Ballon in einer Äquatorialebene einen Ring, der einschließlich der Zuleitungen in eine Gummihülle eingeschlossen ist.

Stationsapparate für Flugzeuge sind von der Ges. f. drahtlose Telegraphie[29]) ausgeführt worden. Bis zu 25 km Entfernung benutzt man einen Sender mit Sammlerbatterie, wenn größere Entfernungen, bis 200 km, vorkommen, eine von einem Propellermotor angetriebene Wechselstrommaschine. Für große Luftschiffe eine ähnliche Anordnung in größeren Abmessungen.

Zeitübertragung. Seitdem die Stationen in Norddeich und am Eiffelturm zuverlässige Zeitzeichen geben, treten Bestrebungen auf, diese auch auf dem Lande für die Uhrenregulierung, besonders bei Uhrmachern nützlich zu machen. In Paris wurde eine Konferenz gehalten, die dies fördern soll; es werden auch passende Apparate[30]) auf den Markt gebracht, nur zum Empfangen, die in Verbindung mit kurzen aufrechten oder wagerechten Antennen den Empfang ermöglichen.

Drahtlose Telephonie. Obwohl nach Ausweis der Literatur auf diesem Gebiete fleißig gearbeitet wird, unter Verwendung von Lichtbogenschwingungen und von Hochfrequenzmaschinen, ist noch kein Erfolg eines betriebsmäßigen Versuchs zu verzeichnen.

Funkentelegraphische Konferenz. Die wichtigsten Ergebnisse der Funkentelegraphischen Konferenz in London[31]) sind die Bestimmungen über den Verkehrszwang. Während dieser früher nur für den Verkehr zwischen Bord- und Küstenstationen in beiden Richtungen ohne Unterschied des Systems bestand, ist er jetzt auch auf den Verkehr von Bordstationen untereinander ausgedehnt worden. Notsignale, woher sie auch kommen mögen, sind mit unbedingtem Vorrang aufzunehmen und zu beantworten. Damit Notrufe nicht ungehört verhallen, müssen die Bordstationen, auch wenn sie mit anderer Welle senden, mit der Welle 600 m hörbereit sein.

In Gewässern mit lebhaftem Verkehr darf ein Schiff eine Küstenstation erst aus höchstens ¾ ihrer Reichweite anrufen; vor dem Senden mit großer Energie ist ein Warnungszeichen mit einer nachfolgenden Pause von 30 Sekunden zu geben, damit die Detektoren der nahen Stationen gesichert werden können. Für den Fall des Versagens der von der Schiffsinstallation gespeisten Stromquelle

muß ein Ersatz vorhanden sein. Die Dienstverhältnisse und Dienststunden der Telegraphisten an Bord sind geregelt worden.

Zur glatten Annahme dieser Bestimmungen haben ohne Zweifel nicht wenig die traurigen Erfahrungen beim Untergang der Cunard-Dampfers Titanic beigetragen, bei dem aber viele Hundert Menschenleben dank der Hilfe der Funkentelegraphie gerettet werden konnten.

[1]) Fleming, El. Rev. (Ldn.), Vol. 71, p. 401—9. — [2]) Fischer, JB. drahtl. Telegr., 5. Bd., p. 582—5. — [3]) Erskin-Murray, JB. drahtl. Telegr., 5. Bd., p. 499—506. — [4]) Austin, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 1718—82. — [5]) Ost, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 119—32. — [6]) Marx u. Banneitz, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 146—51. — [7]) Powell, El. Rev. (Ldn.), Vol. 70, p. 945—6. — [8]) Kock, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 182—5. — [9]) Graf Arco, El. Z., 1912, p. 830. — [10]) Latour, Lum. él., Sér. 2, T. 18, p. 355—9. — [11]) Alexanderson, El. Z. 1912, p. 659—62. — [12]) Boas, JB. drahtl. Telegr., 5. Bd., p. 563—74. — [13]) Coursey, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 899—905. — [14]) Eccles u. Makower, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 943—5. — [15]) Kiebitz, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 1—9. — [16]) Ges. f. drahtl. Telegr., JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 85—92. — [17]) Kiebitz, El. Z., 1912, p. 132—3. — [18]) Torikata u. Yokohama, Electrician (Ldn.), Vol. 70, p. 22—5. — [19]) Turpain, Nature 40. An., 1912, p. 11—4. — [20]) Eccles, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 109. — [21]) Schledermann. Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 329. — [22]) Ges. f. drahtl. Telegr., JB. drahtl. Telegr., 5. Bd., p. 621—2. — [23]) Kiebitz, JB. drahtl. Telegr., 6. Bd., p. 151—3. — [24]) le Forest, Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 369. — [25]) Schwarzhaupt, El. Z., 1911, p. 1313—4. — [26]) Mosler, El. Z., 1912, p. 1134—8. — [27]) Telefunken-Ztg., 1912, p. 66—8. — [28]) Mosler, El. Z., 1912, p. 802. — [29]) Telefunken-Ztg., 1912, p. 68—71. — [30]) Telefunken-Ztg., 1912, p. 73—8; Electricien (Paris), Sér. 2, T. 44, p. 149—50; Tart, Rev. Soc. Belge él., 1912, p. 122—4. — [31]) Jl. télégr., 1912, p. 128 u. Fortsetzungen.

XI. Telephonie.

Theorie und Untersuchungen. Von Telegrapheninspektor F. Lüschen. — Bau der Linien. Von Telegrapheninspektor F. Lüschen. — Fernsprechbetrieb. Von Oberpostinspektor K. Berger.

Theorie, Untersuchungen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen des verflossenen Jahres beziehen sich in der Hauptsache auf die zur Isolierung von Kabeln benutzten Materialien, und zwar beschäftigen sie sich vor allem mit den dielektrischen Verlusten in diesen Materialien bei der Frequenz der Fernsprechströme. Diese Untersuchungen sind von praktisch erheblicher Bedeutung, da nur Isoliermaterialien mit geringen dielektrischen Verlusten eine wirksame Pupinisierung der Leitungen gestatten, und da nur mit hochpupinisierten Leitungen die großen Entfernungen überbrückt werden können, über die heute Handel nud Verkehr eine Sprechverständigung fordern. Die Untersuchungen haben insofern wesentliche praktische Erfolge gehabt, als erstens ein geeignetes Isoliermaterial für Untersee-Pupinkabel gefunden ist (Balata von Siemens Brothers in London), und als es gelungen ist, Papierkabel mit genügend geringen dielektrischen Verlusten (geringer wirksamer Ableitung) herzustellen, so daß man in diesen auch die Pupinisierung starkdrähtiger Leitungen (bis zu 3 mm z. B.) unternehmen konnte.

Die bisher bekannten Methoden[1]) zur Messung der wirksamen Ableitung sind durch eine von K. W. Wagner[2]) angegebene Methode verbessert worden, die einerseits eine erhöhte Meßgenauigkeit besitzt und andererseits die Bestimmung der Teilkapazitäten und der Teilableitungen in mehradrigen Kabeln gestattet.

In den mit Balata isolierten Kabeln erreichen Siemens Brothers für das Verhältnis der Ableitung zur Kapazität G/C einen Wert von nur 12 (Pupinkabel zwischen England und Belgien)[3]), während bei der gewöhnlichen Guttaperchamischung das Verhältnis G/C 80 bis über 100 beträgt (z. B. Krarupkabel zwischen England und Frankreich)[4]). Die wirksame Ableitung beträgt im ersten Falle bei einer Kapazität von 0,085 Mikrofarad/km 1,02 Mikrosiemens/km, im zweiten Falle bei einer Kapazität von 0,095 Mikrofarad/km 9,0 Mikrosiemens im Mittel. In Papierluftraumkabeln erreicht man ein Verhältnis G/C $<$ 20, so daß auch in starkdrähtigen Leitungen die wirksame Ableitung unter 1,0 Mikrosiemens bleibt.

[1]) Vgl. z. B.: Ebeling, El. Z. 1910, p. 153. — [2]) Wagner, Phys. Z. 1912, Mai, p. 368; El. Z. 1912, Juni, p. 635. — [3]) Hill, Post Office El. Eng. Jl. 1912, April, p. 55. — [4]) Ann. Postes Télégr. 1912, p. 543.

Bau der Linien.

Die Erweiterung des Netzes der Fernleitungen läßt drei Bestrebungen erkennen: 1. allgemein große Entfernungen zu überbrücken, worunter auch das Bestreben fällt, England durch leistungsfähige Kabel mit dem Festlande zu verbinden, 2. durch Versenkung der Linien die Fernverbindungen von den Witterungseinflüssen frei zu machen und 3. die kostspieligen Fernleitungen durch besondere Schaltungen (Doppelsprechen und gleichzeitiges Telegraphieren) auszunutzen.

Zur Überbrückung besonders weiter Entfernungen werden ausschließlich Pupinleitungen benutzt; so wurden z. B. zwischen New York und Denver (Entfernung 3300 km)[1]) zwei Pupindoppelleitungen gebaut, und zwar sind diese Doppelleitungen so pupinisiert, daß die Viererleitung (Doppelsprechleitung) geringere Dämpfung hat als die Stammleitungen. Die Viererleitung soll zum Verkehr zwischen New York und Denver benutzt werden, während die Stammleitungen zum Verkehr der Zwischenanstalten dienen sollen. Ob die Leitung tatsächlich im Betriebe ist, geht jedoch aus der Literatur nicht mit Sicherheit hervor. Für Europa ist die in der Herstellung begriffene, auf deutschem und schweizerischem Gebiete fertige Leitung Berlin—Mailand—Rom (Entfernung 1300 + 700 km) von besonderer Bedeutung. Die Leitung ist aus 4,5 mm starkem Hartkupferdraht hergestellt, in Entfernungen von 10 km sind Spulen mit einer Induktivität von 0,2 Henry und einem mittleren wirksamen Widerstand bei einer Kreisfrequenz von $\omega = 5000$ von 5,5 Ohm (Zeitkonstante 0,036) eingeschaltet. Die spezifische Dämpfung dieser Leitung beträgt bei gutem Isolationszustand 0,0011.

Um die Leitungen gegen die induktive Beeinflussung aus anderen Leitungen zu schützen, ist man in allen Ländern dazu übergegangen, die Leitungen zu kreuzen oder verdrillt zu führen. Allgemeine Grundsätze über die Häufigkeit der Kreuzungen haben sich noch nicht herausgebildet. Die Leitung Berlin—Mailand ist in Abständen von 1 km in sich gekreuzt.

An wichtigen in der Entstehung begriffenen Kabeln sind zu nennen die Kabel Boston—New-York—Washington[2]) (765 + 375 km) mit 14 Doppelleitungen von 2,58 mm Durchmesser und 42 Doppelleitungen von 1,82 mm Durchmesser, sowie das Kabel von Berlin nach dem Rheinland mit 24 Doppelleitungen von 3 mm Durchmesser und 28 Doppelleitungen von 2 mm Durchmesser, von dem die Teilstrecke Berlin—Magdeburg (150 km) im Bau begriffen und die zweite Teilstrecke bis Hannover (Berlin—Hannover 300 km) im nächsten Jahre fertiggestellt werden soll. Sowohl das amerikanische als auch das deutsche Kabel, die ersten Kabel für große Entfernungen, sollen zum Doppelsprechen benutzt werden. Es sind daher, um sie von Mitsprechen (Beeinflussung der Viererleitung durch die Stammleitungen und umgekehrt) und von Übersprechen (Beeinflussung der Stammleitungen und der Viererleitungen unter einander) frei zu machen, nicht nur die Leiter einer

Doppelleitung miteinander verdrillt, sondern auch die zwei Stammleitungen einer Viererleitung sind wieder miteinander verdrillt. Und zwar erhalten 1. die einzelnen Doppelleitungen verschiedenen Drall, 2. die Viererleitungen anderen Drall als die sie bildenden Stammleitungen und 3. gibt man auch zwei nebeneinander liegenden Viererleitungen verschiedenen Drall. Bei diesem Aufbau und bei Verwendung geeigneter Spulen gelingt es, einen störungsfreien Doppelsprechbetrieb zu erreichen. Für die Pupinisierung der Viererleitungen in dem Kabel Berlin—Rheinland besteht vorläufig noch kein Bedürfnis; wohl aber sind mit Erfolg Kabel, durch die oberirdische Leitungen in die großen Städte eingeführt werden, doppelt pupinisiert worden, so z. B. Hamburg—Wandsbeck (7 km, Spulenabstand 3,5 km, 48 Doppelleitungen von 2 mm Durchmesser), Frankfurt (Main)—Höchst (13,2 km, Spulenabstand 3,1 km, 50 Doppelleitungen von 1,2 mm Durchmesser, 24 Doppelleitungen von 1,7 mm Durchmesser), Berlin—Staaken (20 km, Spulenabstand 2,8 km, 74 Doppelleitungen von 2,0 mm Durchmesser).

Auch Seekabel mit zwei Doppelleitungen in der üblichen Bauart hat man versucht zum Doppelsprechen zu benutzen und zwar mit Erfolg in dem englisch-belgischen Pupinkabel, in dem auch die Viererleitung pupinisiert ist, ohne Erfolg in dem englisch-französischen Kabel mit eisenumsponnenen Leitern[3]).

Das Pupinsystem scheint übrigens berufen zu sein, mehr und mehr die Kabel mit eisenumsponnenen Leitern fast gänzlich zu verdrängen, weil mit Pupinkabeln die gleiche Leistung allgemein billiger zu erzielen ist als mit Krarupkabeln. So enthält das englisch-französische Kabel mit eisenumsponnenen Leitern bei gleicher spezifischer Dämpfung doppelt soviel Kupfer (84,5 kg/km) und doppelt soviel Guttapercha (85 kg/km) als das englisch-belgische (45 und 42,5 kg/km) Kabel. Nur für ganz kurze Strecken kommen wohl zukünftig noch Krarupkabel in Betracht.

Die Verwendung der Pupinleitungen zum Doppelsprechen stellte an den Bau der Spulen besondere Anforderungen[4]), da jede Spule sowohl im Stromkreis der Doppelleitung wie auch im Stromkreis der Viererleitung liegt, aber nur entweder in die eine oder in die andere Induktivität einbringen soll. Erreicht wird dies dadurch, daß man die Wickelungen übereinander legt und sie in einen Stromkreis so schaltet, daß die Ströme im gleichen Sinne magnetisierend wirken (wirksame Schaltung), im anderen so, daß sich die Ströme in ihrer Wirkung gegenseitig aufheben (unwirksame Schaltung).

[1]) Nowotny, El. Masch.-Bau 1912, p. 1044. — [2]) Ann. Postes Télégr. 1911, p. 112. — [3]) Ann. Postes Télégr. 1912, Sept., p. 218. — [4]) Lüschen, Telegraphen- und Fernsprechtechnik 1912, Nov., p. 129.

Fernsprechbetrieb.

Statistisches. Das öffentliche Fernsprechwesen aller Kulturländer der Erde zusammengenommen umfaßt gegenwärtig etwa 12,5 Millionen Sprechstellen. Hiervon entfallen auf die Vereinigten Staaten von Amerika rund 8,5 Millionen Sprechstellen, die zu stark zwei Dritteln der Bellgesellschaft gehören. In Europa gibt es etwas über 3 Millionen Sprechstellen, darunter 1 Million im Deutschen Reiche (Reichs-Telegr.-Geb., Bayern und Württemberg). Weitaus am schnellsten hat sich das Frensprechwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika entwickelt; denn die Bellgesellschaft zählte im Jahre 1892 erst 250 000, im Jahre 1902 schon 1,1 Millionen, im Jahre 1911 fast 6 Millionen Sprechstellen. In Japan haben sich die Teilnehmer-Sprechstellen zwischen 1905 und 1910 von 38 961 auf 134 194 vermehrt. Wie die Entwickelung des öffentlichen Fernsprechwesens im deutschen Reichs-Telegr.-Geb. in den 10 Jahren von 1902 bis 1911 vorangegangen ist, ergibt sich aus der Übersicht auf Seite 151.

Übersicht über die Entwicklung des Fernsprechwesens im deutschen Reichs-Telegraphengebiete.

Am 31. Dezember	Bestand an					Durchschnittlicher Tagesverkehr in		1 Sprechstelle kommt auf Einwohner	Nachrichtlich:	
	Fernsprechteilnehmern	Hauptstellen	Nebenstellen	Öffentlichen Sprechstellen	Sprechstellen im Ganzen	Orts-, Vororts-, Nachbarorts- u. Bezirksverkehr in	Fernverkehr in		1 Sprechstelle kommt im Jahre 1911	
						tausend Gesprächen			in	auf Einwohner
1902	252 329	261 720	72 122	3 413	337 255	2 010	75	142[1])	Berlin	17,1
1903	283 325	293 736	89 115	3 878	386 729	2 186	94	124[1])	Leipzig	22,0
1904	319 556	331 266	109 435	4 253	444 954	2 518	121	108[1])	Frankfurt a.M.	14,7
1905	360 584	373 722	132 497	4 612	510 831	2 827	137	101[1])	Dresden	26,1
1906	404 339	420 314	161 762	5 191	587 267	3 162	163	89[2])	Köln	22,6
1907	448 626	467 427	192 738	5 753	665 918	3 417	196	78[2])	Düsseldorf	18,7
1908	489 366	510 726	221 660	6 208	738 594	3 505	215	71[2])		
1909	532 938	560 923	250 343	6 597	817 863	3 853	247	64[2])		
1910	578 985	608 936	291 794	7 037	907 767	4 281	280	62[2])		
1911	629 281	665 232	337 451	7 393	1 010 076	4 804	308	55[3])		

[1]) Gerechnet mit rd. 48 021 000 Einwohnern im Reichs-Telegr.-Geb. nach dem Ergebnis der Volkszählung von 1900.
[2]) „ „ „ 51 814 000 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 1905.
[3]) „ „ „ 55 601 000 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 1910.

Das gesamte Anlagekapital aller öffentlichen Fernsprecheinrichtungen der Erde wird auf 6 bis 7 Milliarden Mark geschätzt; der größte Teil davon entfällt auf Nordamerika: rund 4 Milliarden Mark. Die National Telephone Co. in London hat beim Übergange ihrer Fernsprechanlagen an den englischen Staat (wirksam geworden am 1. Januar 1912) einen Anlagewert von rund 420 Millionen Mark aufgewiesen. Der Anlagewert der Fernsprech-Einrichtungen des deutschen Reichs-Telegr.-Geb. wird auf 700 bis 800 Millionen Mark zu berechnen sein[1]).

Tarife. Für den Fernverkehr besteht wohl allenthalben der Einzelgebührentarif. Für den Ortsverkehr dagegen sind die verschiedensten Tarifformen im Gebrauche, vom Einzeltarife ab, der auf fortlaufenden Zählungen beruht, bis zum einstufigen, keine Zählung voraussetzenden Bauschtarif[2]). Im Deutschen Reiche stehen dem Fernsprechteilnehmer zwei Tarife zur Wahl: ein Einzeltarif ohne Rabatt (geeignet für Wenigsprecher) und ein einstufiger Bauschtarif (von den Vielsprechern bevorzugt). Der Versuch, für beide Tarife einen auf fortlaufenden oder auf periodischen Zählungen beruhenden Tarif mit Rabatt, u. a. einen gestaffelten Bauschtarif, einzuführen, ist durch den Reichstagsschluß von Ende 1911 fürs erste hinfällig geworden[3]). Einen sehr interessanten Tarif hat neuerdings die belgische Verwaltung entworfen[4]): es ist ein gestaffelter Bauschtarif mit 4 Hauptstufen und mehreren Zwischenstufen, gegründet auf fortlaufende Zählung und Voreinschätzung, d. h. jeder Teilnehmer gibt der Verwaltung für jedes neue Betriebsjahr im voraus die Hauptstufe an, die er seinem Sprechbedürfnisse für angemessen erachtet. Bleibt er hinterher unter der Mindestgesprächzahl dieser Stufe, so wird ihm nichts vergütet; geht er über die höchste Gesprächzahl der Stufe hinaus, so wird er von Amtswegen mit Nachschußpflicht in die höhere Stufe oder Zwischenstufe übergeschrieben, die der Zahl der von ihm wirklich verlangten gebührenpflichtigen Verbindungen entspricht.

Automaten. Einen eigentümlichen Zusammenhang zwischen Tarif und Technik enthalten die Fernsprechautomaten, insofern als sie zur Aufnahme eines Geldbetrages eingerichtet sein müssen und weil die Vereinnahmung der fälligen Gebühr vom Amte aus zu überwachen ist. Zahlung der Gebühr nach erfolgter Verbindung beansprucht den Beamten zu lange; bei Vorauszahlung der Gebühr bedarf man einer Schaltung, die gestattet, ein vergebens gezahltes Geldstück zurückzugeben; diese Schaltung bringt Schwierigkeiten mit sich. Neuerdings sind Schaltungen vorgeschlagen worden, die diesen Mangel zu vermeiden suchen[5]). Um die Bedeutung solcher Schaltungen beurteilen zu können, sei noch bemerkt, daß im deutschen Reichs-Telegr.-Geb. in den Jahren 1904, 1907, 1910 und 1911 bzw. 708, 1136, 1671 und 1890 öffentliche Sprechstellen mit Automaten vorhanden waren[6]).

Gesprächszählung. Die sicherste Grundlage jedes Orts-Gebührentarifs für Fernsprechteilnehmer ist das Zählen der Gesprächsverbindungen, sobald sie gebührenpflichtig geworden sind. Das Zählen von Hand wird man wegen des damit verbundenen Zeitaufwandes nur bei ganz kleinen Ämtern und allenfalls noch für die Wenigsprecher der mittleren und großen Ämter anwenden können. Wie der Zeitaufwand mehren sich die Beamten und Arbeitsplätze[7]), wächst die Länge des Vielfachfeldes. Mechanische Zählwerke müssen ausscheiden, weil sie keine Sicherheit gegen Zuvielzählen bieten. Bleiben nur elektromagnetische Zähler übrig, die so geschaltet sind, daß sie während der Dauer einer Verbindung nicht mehr als einmal ansprechen können. Man nennt sie Zähler mit Bindung[8]) und hat die Wahl, ob man sie zugleich mit dem Herstellen der Verbindungen selbsttätig oder erst nach dem Herstellen der Verbindungen auf Tastendruck ansprechen lassen will. Beim selbsttätigen Ansprechen werden alle Fehlverbindungen und andere nicht gebührenpflichtigen Verbindungen mitgezählt; dieses Zuviel muß darum dem Teilnehmer in irgend einer Weise vergütet werden[9]) — ist also wiederum eine Tariffrage. In der Reichs-Telegr.-Verw. sind als Vorbereitung auf einen neuen Tarif in den letzten Jahren Zählerschaltungen mit Bindung und Erregung durch Tastendruck für alle Arten von Vielfachsystemen und für Selbst-

anschlußsysteme entworfen und in einem umfassenden Versuchsbetriebe erprobt worden. Die allgemeine Einführung ist jetzt im wesentlichen eine Kostenfrage.

Platzleistung. In einem Vielfachsystem ohne Verbindungsleitungsverkehr kann ein Beamter, der nicht mehr als einen Arbeitsplatz zu bedienen hat, nach eingehenden Ermittlungen und Berechnungen in der Stunde bei Zählung durch Tastendruck rund 220, bei handschriftlicher Zählung dagegen nur rund 170 Anrufe erledigen. Müssen alle Anrufe über Verbindungsleitungen abgewickelt werden, so sind die Stundenleistungen des Beamten bei Tastenzählung rund 160, bei handschriftlicher Zählung nur 125 Anrufe. In allen Fällen wird die Leistung des Beamten durch die Zählung mit Tasten um rund 30 v. H. erhöht[10]).

Handämter. Diese Leistungszahlen sind von besonderer Wichtigkeit beim Entwerfen technischer Einrichtungen, denn sie schließen für gegebene Verkehrsverhältnisse nicht nur den Personalbedarf, sondern auch den Umfang der Vermittlungsanstalten in sich; sie führen also u. a. zu der Frage: wann wird man die Amtseinrichtungen so gestalten, daß an der Erledigung jedes Anrufes 2 Beamte, der Abfragebeamte und ein Verbindungsbeamter, mitwirken? Nehmen wir zunächst an, daß in einem Orts-Fernsprechnetze zwei Vermittlungsanstalten mit gleichviel Teilnehmern bestehen, daß die Teilnehmer einerlei Tarif und einigermaßen gleiche Verkehrsinteressen haben. Durchschnittlich werden bei jedem Abfragebeamten ebensoviel Verbindungen nach der anderen Vermittlungsanstalt verlangt werden wie nach der eigenen. Der Beamte kann nur die Hälfte der bei ihm verlangten Verbindungen selbst ausführen, für die andere Hälfte bedarf er der Mitwirkung eines Beamten der anderen Anstalt. Hierdurch wird seine Stundenleistung bei Tastenzählung von 220 (s. oben) auf 175 Anrufe herabgesetzt[11]). Sind in einem Netze mehr als 2 Vermittlungsanstalten vorhanden, so wird unter gleichen Voraussetzungen der Verkehr, der über Verbindungsleitungen (also mit Hilfe eines zweiten Beamten) abzuwickeln ist, den Verkehr, der vom Abfragebeamten unmittelbar erledigt werden kann, immer mehr überwiegen; zugleich wird die Stundenleistung des Abfragebeamten weiter zurückgehen. Ebenso wird das Vielfachfeld, das jedem Abfragebamten zur Verfügung steht, immer weniger ausgenutzt. Im Berliner Fernsprechnetze z. B. sind von je 100 Anrufen nur rund 20 für Teilnehmer der eigenen Vermittlungsanstalt, rund 80 für Teilnehmer anderer Vermittlungsanstalten bestimmt. Das Vielfachfeld, das dem Abfragebeamten zur Verfügung steht, hat also nur noch einen untergeordneten Wert.

Wenn von V Verbindungen in der Stunde m mit Teilnehmern des eigenen Amtes, V—m über Verbindungsleitungen auszuführen sind, wenn ferner der Abfragebeamte stündlich p Verbindungen selbst herstellen kann, und p—q, wenn er sich eines zweiten Beamten bedienen muß, wenn schließlich der zweite Beamte stündlich r Verbindungen ausführen kann, so sind an Beamtenstunden erforderlich,

1. wenn der Abfragebeamte die m Verbindungen selbst erledigt:

$$\frac{V}{p} + \frac{V-m}{r}$$

2. wenn alle Verbindungen über Verbindungsleitungen gehen:

$$\frac{V}{p-q} + \frac{V}{r}$$

Hieraus folgt, daß die zweite Art der Anruferledigung unter allen Umständen mehr Personal erfordert als die erste. In runder Zahl kann r mit 400 angesetzt werden. Da nun p stets kleiner ist als 400 (nämlich kleiner als 220 bis zur Grenze 160, s. oben), sind weit weniger Verbindungsplätze, als Abfrageplätze nötig. Die Frage, unter welchen Umständen man in einem Netze mit mehreren

Vermittlungsanstalten den Abfragebeamten das Vielfachfeld ihrer Vermittlungsanstalt zum Erledigen von Anrufen zuteilt und unter welchen anderen Umständen man alle Verbindungen über Verbindungsleitungen leitet, läßt sich also auf die Frage nach der besseren Rentabilität zurückführen, d. h. so beantworten: die zweite Vermittlungsform verdient dann den Vorzug, wenn durch die Verkürzung des Vielfachfeldes mehr gespart wird, als die Besoldung für den Mehrbedarf an Beamten ausmacht[12]).

Sind in einem Fernsprechnetze mehr als 10 000 Teilnehmer und kann man voraussehen, daß die Zahl 20 000 nicht oder erst in sehr später Zeit erreicht werden wird, kann man ferner mit hinreichender Sicherheit zwischen Viel- und Wenigsprechern unterscheiden — etwa als Folge einer Tarifierung, wie sie im Deutschen Reiche besteht (s. oben) —, so kann es zweckdienlich sein, die beiden Arten von Teilnehmern je zu einer Gruppe zu vereinigen und das Vielfachfeld für die Vielsprecher an den Abfrageplätzen, für die Wenigsprecher aber an Verbindungsplätzen vorzusehen, denn die Vielsprecher werden weit mehr untereinander verkehren, als mit den Wenigsprechern. Ebenso zeigt die Erfahrung, daß die Wenigsprecher mehr mit den Vielsprechern als unter sich verkehren; ihr Verkehr ist also ohnehin zum größten Teile auf Verbindungsleitungen angewiesen. Nach diesem Grundgedanken ist die neue Vermittlungsanstalt in Köln am Rhein ausgeführt worden[13]).

Maschinenarbeit in Handämtern. Die oben angegebenen Stundenleistungen gelten, mit Ausnahme der Zahl 220 (und 175), für den Fall, daß zwischen den Abfrage- und Verbindungsplätzen der „Dienstleitungsbetrieb" besteht[14]). In dieser Betriebsform steckt noch ein Teil Menschenarbeit, der durch Maschinenarbeit zu ersetzen sein wird: das Aussuchen und Bezeichnen der freien Verbindungsleitung. Es sind bereits ernste Versuche mit selbsttätigen Wählern im Gange, die auf einen einfachen Tastendruck hin eine freie Verbindungsleitung mit viel größerer Geschwindigkeit suchen und kennzeichnen als es den Abfrage- und Verbindungsbeamten jetzt möglich ist[15]). Die Stundenleistungen werden also wahrnehmbar steigen. Im Verkehre zwischen den Abfragebeamten und dem Meldeamte (d. i. der Dienststelle, bei der die Teilnehmer Ferngespräche anmelden) wird von solchen Wählerschaltungen seit kurzer Zeit mit großem Vorteile Gebrauch gemacht; hier verhelfen die Wähler zu einer Betriebsbeschleunigung, indem die Abfragebeamten nicht mehr im Vielfachfelde nach einem freien Meldebeamten zu suchen, sondern nur noch den Verbindungsstöpsel in eine bestimmte Klinke einzusetzen brauchen, worauf ein Wähler selbsttätig die Teilnehmerleitung mit einem freien Meldebeamten verbindet. Diese Vorrichtung bringt also zugleich dem Teilnehmer den Vorteil, daß er fast ohne Zeitverlust abgefertigt wird[16]).

Diese Wählerschaltung im Meldeverkehr legt den Gedanken nahe, auch die Anrufe der Teilnehmer maschinell so zu verteilen, daß jeder Anruf unter allen Umständen auf einen freien Abfragebeamten trifft. Bei der vorsichtigsten Belegung der Arbeitsplätze[17]) bleibt es nicht aus, daß in einem gewissen Zeitteile bei einzelnen Abfragebeamten mehr Anrufe eingehen, als innerhalb einer angemessenen Frist erledigt werden können, daß dagegen andere Abfragebeamte ganz unbeschäftigt oder nur wenig beschäftigt sind. Es sind zwar Mittel bekannt, mit denen jeder vorübergehend überlastete Abfragebeamte einen Teil der bei ihm vorliegenden Anrufe einem unbeschäftigten Abfragebeamten zur Erledigung schnell zuzuschalten vermag[18]). Besser aber wäre es, wenn keinem Abfragebeamten ein Übermaß von Anrufen zufließen könnte, d. h. wenn sich die Anrufe selbsttätig so verteilten, daß bei keinem Abfragebeamten gleichzeitig mehr als 3 bis 4 unerledigte Anrufe vorlägen. Hierbei ist jedoch die Frage zu erörtern, ob man j e d e Anschlußleitung mit einer Verteilungsvorrichtung ausrüstet. Statt der schwankenden Begriffe „Vielsprecher" und „Wenigsprecher", wie sie oben der Einfachheit halber eingeführt worden sind, mögen zunächst bestimmte Zahlen genannt werden. Für das Fernsprechnetz in Kopenhagen mit 31 000 Teilnehmern sind folgende Feststellungen gemacht worden:[19])

Von der Gesamtzahl der Teilnehmer rufen jährlich an

33 v. H.	weniger als 1000 mal,	d. s. 10 v. H. aller Anrufe
33 v. H.	mehr als 1000 bis 2000 mal,	d. s. 20 v. H. aller Aerufe
18 v. H.	mehr als 2000 bis 4000 mal,	d. s. 20 v. H. aller Aerufe
16 v. H.	mehr als 4000 mal,	d. s. 50 v. H. aller Anrufe
100	zusammen	100

d. h., 16 v. H. aller Teilnehmer erzeugen 50 v. H. des gesamten Sprechverkehrs. Was hier vom Kopenhagener Netze gilt, wird in jedem Fernsprechnetze wenigstens der Größenordnung nach festgestellt werden können, wofern nicht aus dem Tarife grundlegende Abweichungen hervorgehen müssen. Jedenfalls darf man aus diesen Zahlen als allgemeine Regel folgern, daß man nur einer verhältnismäßig sehr geringen Zahl von Anschlußleitungen eine Vorrichtung zum Verteilen der Anrufe beizuordnen braucht, um eine wesentliche Betriebsbeschleunigung zu erhalten. Eine solche Vorrichtung hat die Firma Siemens & Halske für Zentralbatteriesysteme ausgearbeitet.[20]) Hebt der Teilnehmer seinen Fernhörer ab, so läuft bei dem Amte sogleich ein Wähler an, um die Leitung eines gerade unbeschäftigten Arbeitsplatzes aufzusuchen. Ist eine solche gefunden — was innerhalb eines Bruchteiles einer Sekunde geschehen ist —, so glüht an diesem Platze eine Anruflampe auf, worauf Abfrage- und Verbindungsarbeit genau so vor sich geht, als ob die Anschlußleitung dauernd diesem Platze zur Bedienung zugeteilt wäre.

Selbsttätige Amtseinrichtungen.[21]) Die Entwicklung des Fernsprechwesens geht dahin, die Schaltvorgänge durch Maschinen vollziehen zu lassen. Vollkommen ist die Menschenarbeit durch Maschinenarbeit in den Selbstanschlußsystemen ersetzt. Aber in der Praxis ist dieser schroffe Übergang von der einen zur anderen Arbeitsform nicht immer möglich und dann entsteht die Frage: wie kann man die Vorteile des Selbstanschlußwesens erreichen, ohne daß man dem Teilnehmer das Handhaben eines Nummernschalters zumutet, und ohne daß die gewöhnlichen Zentralbatterieapparate der Sprechstellen durch Selbstanschlußapparate, die teuerer sind als jene, ersetzt zu werden brauchen. Die Einleitung der Schaltvorgänge muß man dann auf das Amt verlegen; der Teilnehmer übermittelt bei dieser Betriebsform, wie gewöhnlich, seinen Wunsch einem Beamten, der alsdann die Wählerapparate in Bewegung setzt. Statt eines Nummernschalters gibt man dem Beamten einen Tastensatz zur Erzeugung der Stromstöße für die Ziffern 1 bis 0. Das Nummerngeben geht mit einer solchen Vorrichtung so schnell, daß geschultes Personal vorübergehend eine Stundenleistung von 700 Anrufen zu erledigen vermag. Das erste deutsche Amt dieser Art ist im Sommer 1912 in Posen mit vollem Erfolge in Betrieb genommen worden. Das Fernsprechnetz in Dresden wird für dieselbe Betriebsform eingerichtet (zunächst mit 17 000 Sprechstellen, erweiterungsfähig bis zu 100 000 Sprechstellen; Betriebseröffnung im Frühjahr 1913), jedoch nicht nur mit einem Amte, wie in Posen, sondern mit einem Haupt- und einem Nebenamte. Das Nebenamt dient im Wesentlichen zum Verkürzen der Leitungslängen. In Leipzig ist der sehr interessante Versuch in Vorbereitung, eine ganze Reihe von halbselbständigen Einrichtungen (aufnahmefähig für rund 200 bis zu 2500 Anschlüssen) mit einem vorhandenen Handamte zusammenarbeiten zu lassen.[22])

Allen diesen Einrichtungen liegt das Selbstanschlußsystem von Strowger zugrunde, wie es von der Firma Siemens & Halske weiterentwickelt worden ist. Das System arbeitet jetzt bei allen Schaltvorgängen mit völlig geschlossener Schleifenleitung; im vollselbsttätigen Betriebe kann man also bei den Teilnehmerstellen der leidigen Erdleitung, die bisher für die Stromstoßsendung nötig war, fortan ganz entraten.

Bei dem System von Strowger werden die Wähler durch Stromsendungen, die der Schaltmechanismus (die Fingerscheibe bei vollselbsttätigem, die Tastenschalter beim halbselbsttätigen Betriebe) hervorruft, unmittelbar auf den ge-

wünschten Kontakt gebracht. Von einem anderen Grundgedanken geht ein Selbstanschlußsystem aus, mit dem die Western El. Co. neuerdings hervortritt. Bei diesem System werden die Wähler nicht elektromagnetisch, durch aufeinanderfolgende Stromstöße stufenweise, sondern in einem Zuge mechanisch in der Weise bewegt, daß sie von einer ständig gedrehten Welle mitgenommen und auf die Stelle geführt werden, die durch die Einstellung der Auswählerteile (Taste u. dgl.) zuvor bestimmt worden ist. In der Westernschaltung kuppelt der Schaltmechanismus den Wähler mit der ständig gedrehten Welle; alsdann dreht sich der Wähler rasch mit der Welle und erzeugt hierbei Stromvorgänge, die rückwärts auf den Schaltmechanismus wirken. Dieser tritt unter dem Einflusse der Stromvorgänge aus der eingestellten Lage schrittweise in die Ruhelage zurück; ist dies geschehen, so entkuppelt sich der Wähler und bleibt in der eingenommenen Stellung stehen.[23]) Vergleichsweise kann man also sagen, daß bei dem Strowger-System dem Wähler der Wille der Sendstelle aufgedrückt wird, daß bei dem Westernsystem dagegen der Wähler abfühlt, was bei der Senderstelle beabsichtigt ist. Den Wähler des Westernsystems nennt man darum besser Anrufsucher. — Die französische Verwaltung läßt gegenwärtig einige Fernsprechnetze mit dem Western-Selbstanschlußsystem ausrüsten. Im Deutschen Reiche wird das System von der Firma Zwietusch & Co. vertreten.

Die Selbstanschlußschaltungen haben sich in der letzten Zeit auch als brauchbar für Nebenanschluß- und Haus-Fernsprechanlagen sehr großer kaufmännischer und industrieller Unternehmen erwiesen; sie sind da aber wohl nur dann von Vorteil, wenn der Verkehr der Nebenanschlüsse und Haus-Sprechstellen untereinander an sich umfangreich ist und den Verkehr mit dem Amte wesentlich überragt. Den Verkehr der Nebenanschlüsse mit dem Amte kann man selbsttätig einrichten, für die umgekehrte Richtung dagegen bedarf man stets der Vermittlung von Hand, genau wie bei den Fernsprech-Reihenanlagen, die oft fälschlich Selbstanschlußanlagen genannt werden.[24])

Fernverkehr. Der Sprechverkehr auf einer Fernleitung setzt sich zusammen aus dem Sprechen der mit einander verbundenen Teilnehmer und aus dienstlichen Mitteilungen. Um möglichst die ganze Betriebszeit für den Teilnehmerverkehr zur Verfügung zu haben, wird man versuchen, die dienstlichen Mitteilungen ohne Behinderung des Sprechverkehrs abzuwickeln, während die Teilnehmer sprechen. Hat man zwischen zwei Orten zwei und mehr Fernleitungen, so kann man zwei von ihnen nach den Schaltungen für das Mehrfachfernsprechen zu einer künstlichen Leitung zusammenschließen und auf dieser den dienstlichen Sprechverkehr für alle Leitungen abwickeln. Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man jede Fernleitung nach den Schaltungen für gleichzeitiges Fernsprechen und Telegraphieren einrichtet und den dienstlichen Sprechverkehr telegraphisch abwickeln läßt. Beide Verfahren sind bei der Reichs-Telegr.-Verw. im Gebrauche; das zweite scheint aber den Vorzug zu verdienen, weil man die künstlichen Leitungen besser auch für den Teilnehmerverkehr, als für dienstliche Mitteilungen ausnutzt. Zum Telegraphieren benutzt man jetzt wohl allgemein Wechselstrom von geringer Periodenzahl; als Empfangsapparate dienen Summer. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Summer je zweier nebeneinander liegender Fernamts-Arbeitsplätze verschieden abzustimmen, damit jeder Beamte schon an der Tonhöhe erkennen kann, welche der einlaufenden Mitteilungen für ihn bestimmt ist. Mit diesen Mitteln ist es gelungen, von jeder Haupt-Betriebsstunde bis zu 58 Minuten für den Teilnehmer-Verkehr auszunutzen. Das bedeutet eine sehr wesentliche Verkürzung der Wartezeiten und zugleich eine Erhöhung der Gebühreneinnahme.[25])

Eine andere Sorge der Betriebsverwaltungen ist die Vergrößerung der Sprechweiten. Hier bieten sich mehrere Wege zur Lösung. Am schnellsten vielleicht kommt man zum Ziele, wenn man die Leitungen mit Pupinspulen ausrüstet; dieses Mittel ist aber teuer. Bevor Pupins Vorschläge bekannt wurden, hatte man bereits an „Fernsprech-Übertragern“ im Sinne der telegraphischen Relais gearbeitet. Dieser Weg ist bis zur Gegenwart verfolgt worden; aber immer mit

wenig Glück. In neuerer Zeit will Grissinger in Buffalo (N. Y.) die Aufgabe vollkommen gelöst haben.[26])

Andere schlagen vor, die Sprechstellen mit Starkstrommikrophonen auszurüsten. Es ist kein Zweifel, daß Egnér und Holmström in Stockholm[27]) ein weittragendes Starkstrommikrophon entworfen haben, aber an die allgemeine Ausrüstung der Sprechstellen aller der Teilnehmer, die ein Interesse am großen Fernverkehre haben, ist fürs erste wohl kaum zu denken. Es bedarf übrigens der Erwägung, daß auch zwei deutsche Firmen Mix & Genest und E. Zwietusch & Co., je ein beachtenswertes Starkstrommikrophon herausgebracht haben. Beide haben sich im Versuchsbetriebe dem Mikrophon von Egnér-Holmström bestimmt nicht unterlegen, z. T. sogar überlegen gezeigt.

Wenn endlich A. Maior darauf aufmerksam macht, daß man hochfrequente Wechselströme als Träger von Sprechströmen zum Überwinden großer Entfernungen benutzen könne, so dürfte die Verwirklichung dieses Vorschlages noch lange auf sich warten lassen[28]).

[1]) Quellen zu den im ersten Absatz mitgeteilten Zahlen und Angaben (auch der Übersicht auf Seite 151): Zeitschr. f. Schwachstrom 1912, p. 345 ff.; Jl. télégr. Statistique universelle des communications téléphoniques in den einzelnen Jahrgängen; die Statistik der Deutschen Reichs-Post- und Tel.-Verw.; Deutsche Verkehrsztg. 1912, p. 215; El. Z. 1912, p. 46, 54; Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 289; El. World, Vol. 59, p. 1346; El. Z. 1911, p. 382; 1913, p. 245. — [2]) Bast, Ann. Postes 1912, p. 165—75 (nach Teleph. Engineer April 1912). — Vgl. auch Seymour, Telephony, Vol. 63, p. 126. — [3]) Z. f. Schwachstrom. 1911, p. 547—9. — [4]) Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 129—131. — [5]) Vgl. Kölsch, Tel.- u. Fspr. Techn., Beilage der „Blätter f. Post und Telegr." 1912, Nr. 5 u. 7; auch Pinkert in derselben Zeitschrift. 1912, Nr. 14. — [6]) Vgl. hierzu auch „Straßentelephon im Berliner Westen", Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 185. — [7]) Vgl. Ambrosius, El. Z. 1912, p. 769. — [8]) D. R. P. 108 355. Vgl. auch D. R. P. 252 589. — Christensen, El. Eng., Vol. 4, p. 338—41. — [9]) Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 253—4. — [10]) Über die Belastung der Verbindungsbeamten durch unausführbare Anrufe, vgl. u. a.: Telephony, Vol. 63, p. 51 — [11]) Codby, Teleph. Eng., Vol. 7, p. 229—33. — [12]) Über den Apparatbedarf bei Fernsprechämtern, vgl. R. Hartz in den Blätternd für Post u. Telegr., Beilage „Telegr. und Fernsprechtechn." 1912, Nr. 13 u. 14. — Vgl. auch: van der Bilt, El. Z. 1912, p. 318—320. — [13]) El. Z. 1912, p. 13. — [14]) Schneider, Blätter für Post und Telegr., Beilage „Telegr. u. Fernsprechtechn. 1913, Nr. 20 u. 21. — [15]) Vgl. hierzu auch: Baumann, Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 370—372. — [16]) Ambrosius: Helios Exportz. 1912, p. 1961—6. — [17]) Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 14. — [18]) Vgl. die Schrift: „Das Kopenhagener Telefon" mit dem Untertitel „Das automatische Hilfssystem". Ferner: Blätter für Post und Telegr. Beilage „Telegraphen- und Fernsprechtechn.", Nr. 10, 1912: „Das neue Fernsprechamt Avenue in London und das Hilfsklinkensystem"; an derselben Stelle: „Selbsttätige Anrufverteilung bei Vielfachumschaltern". — [19]) Vgl. Fr. Johannsen „Die Telephonie in den großen Städten" — in engl. Sprache veröffentlicht im „Port Office Engineers Journal", London, Oktober 1910. — [20]) D. R. P. 229 384, auch D. R. P. 234 013. — [21]) Grabe, Techn. Mitt. 1911, p. 786—99. — Paosert, Revue él. 1911, T. XVI, p. 227—37. — Sinclair, El. Engineer, Vol. 48, 1911, p. 654—6. — Kruckow, Die Selbstanschl.- u. Wählereinrichtungen im Fspr.-Betriebe, Braunschweig bei Vieweg. — Téléphonie autom., Ann. Postes 1911, p. 81—3. — Dyson, Automatic selecting devices etc. Telephony, Vol. 62, p. 651 bis 654. — Zanai, Comparaison etc. Ann. Postes 1912, p. 513—533. — Nachr. Siemens & Halske 1912, p. 186. — Baumann, Z. f. Schwachstrom. 1912, p. 402—4. — Smith, Bessey u. Aldendorff, Automatische Fersprechsysteme, Berlin, Heimanns Verlag. — Das S-S-System für mittlere und große Telephonanlagen v. J. Baumann, München 1913. — [22]) Über solchen gemischten Betrieb vgl. Nachr. Siemens & Halske, 1912, p. 182—5. — [23]) D. R. P. 256 709 und 256 921. — [24]) Knobloch, Schaltungsbuch für Postnebenstellenanlagen. — [25]) El. Z. 1912, p. 90—1. — [26]) John Grant, Telephony 1913, Vol. 64, p. 35. — [27]) Egner u. Holmström, El. Z. 1912, p. 205 u. 42. — [28]) Maier, El. Z. 1912, p. 421.

XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahnsignale. Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst, Kaplitz, (Südböhmen). — Seesignale. Von Prof. Dr. Rud. Franke, Berlin. — Signale im Sicherheitsdienst, Haus- und Gasthofstelegraphen, elektrische Uhren, Fernmeß- und Meldeapparate. Von Prof. Dr. Rud. Franke, Berlin.

Eisenbahnsignale.

Zug- und Streckensignale. Für die dampfbetriebene Hauptstrecke Brüssel—Lüttich der belgischen Staatsbahnen sind 65 Lokomotiven mit Cesarschen[1]) elektrischen Signaleinrichtungen ausgerüstet worden, welche den Zweck haben, durch sichtbare und hörbare Zeichen am Führerstand oder auch durch Auslösen der Zugbremse das Überfahren von Haltsignalen zu verhüten. Mehrjährige Versuche mit Siemens & Halskeschen[2]) Apparaten verwandter Gattung sind in Deutschland 1911 mit bestem Erfolg abgeschlossen worden, haben aber vorläufig noch zu keiner grundsätzlichen Anwendung geführt. In Frankreich verschärft die Nordbahn das Haltsignal der Strecken neuerdings durch vorgeschobene, elektrisch betriebene Knallsignal-Ausleger[3]). Es sind im Bahnkörper Solenoide eingebaut, deren Ankerkerne die Knallpatronen auf die Fahrschiene legen oder von da wieder wegziehen, je nachdem die mittels Drahtzügen mechanisch zu stellenden Streckensignale auf Halt oder Frei gebracht werden. Der Signalstellhebel dient zwangläufig als Ein- und Ausschalter für die den Betrieb der Kapselausleger besorgenden Beleuchtungs- oder besonderen Batterieströme. In England wird wiederholt die Frage erörtert, ob an den Mastsignalen als Zeichen für freie Fahrt der bisherige, schräg nach abwärts gerichtete oder ob der schräg aufwärts zeigende Arm (deutsche Form) vorzuziehen sei; die letztere Anordnung ist bei der Londoner Metropolitan Bahn[4]) bereits angenommen worden. Auch der Blocksignalausschuß, welchen die „American Electric Railway Engineering Association, Transportation and Traffic Association" seit 1910 mit dem Studium der Zugsicherung betraut hat, beantragte 1912 die Einführung des aufwärts gerichteten Signalarmes. Dieser Fachausschuß hat bereits 1911[5]) und 1912[6]) über das Ergebnis seiner Tätigkeit berichtet und soll 1913 diejenigen Blocksignalsysteme feststellen, welche für die elektrischen Stadt-, Vorort- oder Fernbahnen innerhalb gewisser Betriebsverhältnisse als die zweckentsprechendsten anzusehen sind und empfohlen werden können.

Verkehr mit dem fahrenden Zug. Seit zwei Jahren arbeitet H. v. Kramer an der Verbesserung seines Railophons[7]), einer erfolgreichen Wiederbelebung der vor etwa 25 Jahren in Amerika vorgenommenen aufsehenerregenden Versuche von Phelps, Smith, Edison u. a. lediglich im Wege elektrischer und elektromagnetischer Induktion einen unmittelbaren Nachrichtenverkehr zwischen den fahrenden Zügen untereinander oder zwischen diesen Zügen und den Stationen herzustellen. Am 28. Juni 1912 wurde eine mit Kramer-Kappschen Wechselstromrelais[8]) versehene Zugsicherungseinrichtung[9]) auf der Eisenbahnlinie Stratford-on-Avon in Betrieb gesetzt, welche auf den Grundlagen des Railophons aufgebaut, nicht bloß den Fernsprechverkehr der Züge bei allen Fahrgeschwindigkeiten bis zu 80 St./km ermöglicht, sondern zugleich als vollständiges, selbsttätiges Blocksignal wirkt.

Blocksignale. Unter den für Gleisstromkreise eingerichteten neueren selbsttätigen Blocksignalen können die Anlagen der Illinoisbahn[10]) insofern als eigentümlich gelten, als sich die Blockabschnitte übergreifen und die Streckensignale daher aus zweiarmigen Semaphoren bestehen, an denen die oberen Flügel als Hauptsignal, die unteren als Vorsignal dienen. Die durch Elektromotoren angetriebenen Signale sind an Abzweigungen und in den Stationen von den Weichen abhängig ge-

macht. Das lediglich für elektrische Bahnen bestimmte System Unverricht-Gossler[11]) soll von deutschen, amerikanischen und japanischen Fachleuten studiert und günstig beurteilt worden sein. Die Zugdeckung erstreckt sich auch bei dieser Anordnung stets über zwei Blockabschnitte und die Signalgebung erfolgt im ersten Abschnitt durch Unterbrechung und im zweiten durch Umkehrung des Signalstromes. Bei dem auf der Piedmont-Linie[12]) eingerichteten selbsttätigen Blocksignal dienen zum Betrieb der Signale auf Freileitungen zugeführte Wechselströme von 2200 V, welche für die Gleisstromkreise auf 10 V und für die Ortsstromkreise der Linienrelais bzw. für die durch rote, gelbe und grüne Glühlichtlampen dargestellten Signale auf 110 V abgespannt werden; die Zugförderung geschieht mittels Gleichstromes. Ebenfalls eigenartig ist das auf der Westchester & Boston Bahn[13]) eingeführte selbsttätige Blocksignal, bei dem der Signalstrom in der Mitte der einzelnen Blockabschnitte in die Leitung tritt und an den beiden Enden des Abschnittes sein Wechselstromrelais durchläuft, durch welches auch der Gleisstrom seinen Weg findet, derart daß unter ordnungsmäßigen Verhältnissen die Relais unbewegt und der Ortsstrom für das Signal frei geschlossen ist. Solange jedoch das stromführende Gleis befahren wird, oder wenn ein Schienenbruch oder ein störender Isolierfehler in der Signalanlage eintritt, erfolgt an den beiden Abschnittsenden das Signal halt.

Auf der elektrischen rechtsrheinischen eingleisigen Kölner Vorortebahn[14]) steht ein selbsttätiges Blocksignal in Verwendung, für dessen Betrieb ein besonderer Stromzuführungsdraht neben dem Fahrdraht aufgehängt ist. Indem der Stromabnehmer des Triebwagens den Signaldraht berührt, erfolgt die Deckung des Blockabschnittes nach vorwärts und rückwärts vermittels Ramelscher Umschalter und Relais. Will der Wagen in eine bereits besetzte Strecke einfahren, so wird ihm der Fahrstrom entzogen. In Bedarfsfällen kann an Stelle des selbsttätigen Betriebes Handbetrieb treten.

Von den überaus mannigfachen amerikanischen Zugdeckungseinrichtungen für elektrische Eisenbahnen leichteren Betriebes sind die sogenannten „Dispatcher Signals" in den letzten Jahren sehr in Aufschwung gekommen. Eine der vollkommensten Anlagen dieser Art, das „Simmer Signal"[15]) verwendet die Indianapolis & Cincinnati Traction Co. Es sind daselbst neun Blockabschnitte mit zehn Anhaltestellen vorhanden, innerhalb deren das Vorrücken der Züge durch den Dispatcher (Fahrdienstleiter) von seiner Amtsstube aus geregelt bzw. gesichert wird. Seine Behelfe bestehen aus einem Registrierapparat, einer Batterie und einer Schalttafel, welche für jeden Blockabschnitt je einen Schalter, eine Glühlampe und ein Schreibrelais enthält. Desgleichen befindet sich auch in jedem Triebwagen eine Batterie und unmittelbar vor den Augen des Führers eine Schalttafel mit einem Relais, einer grünen und einer roten Glühlichtlampe nebst Klingel und einem Fernsprechsatz. Die einzelnen Apparatsätze des Dispatchers sind durch je eine Freileitung mit jeder Blockstelle bzw. mit einer daselbst neben dem Fahrgleis angebrachten, 22,5 m langen isolierten Anlaufschiene in Verbindung. Im Abstande von 600 m vor und hinter dieser Kontaktstelle ist noch je eine weitere ganz gleiche vorhanden und diese drei Anlaufschienen sind untereinander auch wieder durch eine besondere Leitung verbunden. In den Schaltern des Dispatchers liegen während ihrer Ruhelage die einlaufenden Leitungen hinter den Zeichenapparaten, jedoch vor der gemeinsamen Batterie an Erde, während sie rechts oder links gestellt die Batterie in die Leitung bringen. Sobald ein Wagen mit seiner seitlich vorstehenden Kontaktbürste auf eine der Anlaufschienen gelangt, erfolgt ein Schluß der Wagenbatterie und es leuchtet bei freier Fahrt die grüne Wagenlampe auf, während ein Teilstrom rückmeldend die zugehörige Dispatcherlampe und das Schreibrelais betätigt. Statt der grünen wird die rote Wagenlampe entzündet, wenn der Dispatcher die Fahrt verbietet und behufs dessen auch seine Batterie eingeschaltet hat. Jedes Befahren der Kontaktstellen kennzeichnet sich beim Fahrdienstleiter auf einem breiten, von einem Uhrwerk langsam weitergerückten Papierstreifen, indem bei jedem Stromschluß das betreffende Schreib-

relais mit einer Nadel den Streifen durchlocht. Da das Papier überquer eine Zeitteilung trägt und in der Längsrichtung nach den Blockstellen eingeteilt ist, so gewährt das Blatt stets ein genaues Bild des jeweiligen Wagenverkehrs. Auf jeder Kontaktstelle der Strecke wird nebstbei die telephonische Verbindung zwischen Wagenführer und Dispatcher selbsttätig hergestellt und dieselbe kann sofort benutzt werden, ohne daß der Wagenführer seinen Stand zu verändern oder irgend einen Handgriff vorzunehmen braucht.

Das altbekannte, auf englischen Vollbahnen vielverbreitete T y e r sche Blocksystem ist infolge gesetzlicher Anforderung nunmehr für drei Signalzeichen, „besetzt“, „frei“ und „Ruhelage“ eingerichtet worden. Auf der Great Eastern Bahn benutzt man die aus diesem Anlaß von P. T. H o l l i n s[16]) neu erdachte, nur eine einzige Fernleitung erfordernde Stromlaufanordnung. F i r t h und L e u k e haben Tyersche Blocksignale auch mit den Streckensignalen durch einen elektrischen Verschluß in Abhängigkeit gebracht, ähnlich, wie es beim S i e m e n s & H a l s k e-schen Blocksignal von jeher der Fall war. Letzteres Blocksignalsystem wurde für die 1912 eröffnete Hamburger Hochbahn[17]) in einer ganz neuen Form, nämlich 6feldrig ausgeführt; dasselbe unterscheidet sich vom gewöhnlichen vierfeldrigen durch je ein Hilfsfeld, das mit der Drucktaste zusammen arbeitet. Sowohl das Fahr- als das Freistellen des Flügelsignals geschieht vermittels S i e m e n s & H a l s k e scher Schienendurchbiegekontakte von den Zügen selbst, wenn der Blockwärter durch Betätigung seiner Taste seine Zustimmung gegeben hat. Für die Rückmeldungen sind Lichtsignale verwendet. Als Betriebstrom dient Gleichstrom von 220 V, der an jeder Blockstelle durch einen Umwandler auf 37 V abgespannt wird; außerdem sind daselbst Magnetinduktoren für den Handbetrieb vorhanden, welch letzterer platzzugreifen hat, falls etwa in der Zuführung des normalen Betriebstromes eine Störung eintreten würde.

E d l e r[18]) gibt neue Anordnungen für S i e m e n s & H a l s k e sche Stations- und Stellwerkblocks an, welche die Erteilung des Signals zur Ausfahrt eines Folgezuges aus einer Station vollkommen ausschließen, solange die Strecke bis zum ersten Blockposten nicht frei ist; desgleichen schlägt er Schaltungen vor, welche den Widerruf der Ausfahrtbewilligung möglich machen, solange der Zug die Station noch nicht verlassen hat.

Zugabfertigung durch den Fernsprecher. Dieses neue Betriebsmittel für die Zugabfertigung[19]) faßt namentlich auf den amerikanischen elektrischen Eisenbahnen so ausschließlich Fuß, daß bei neuen, nicht allzuausgedehnten Bahnnetzen auf Telegrapheneinrichtungen in der Regel völlig verzichtet wird. Jedoch auch größere Netze, wie z. B. das der etwa 1300 km umfassenden Santa-Fè-Eisenbahn[20]) besorgen ihren gesamten Nachrichtendienst lediglich mit Fernsprechern. Die Eisenbahnfernsprecher treten in den mannigfachsten Formen auf, sei es als standfeste Sprechstellen oder als fahrbare Zugtelephone oder in Verbindung mit Signal- und Sicherungseinrichtungen. So ist beispielsweise die laufende Fernsprechleitung der elektrischen Piedmont-&-Northern-Linie[21]) auf allen Haltestellen in Säulen eingeführt, welche flügelförmige Abfallscheiben tragen, die für gewöhnlich schräg nach aufwärts zeigen und in dieser Lage „freie Fahrt“ bedeuten. Mit Hilfe besonderer Stationswähler kann vom Dienstzimmer des Fahrdienstleiters aus jeder solcher Posten angerufen werden, wobei der Abfallarm in die wagerechte Lage kippt und dann „halt“ bedeutet. Der stehenbleibende Zug kann sofort seinen Fernsprecher anschalten und die weiteren Weisungen des Dispatchers empfangen oder demselben Nachrichten geben. Wenn ein angehaltener Zug wieder weiterfährt, bringt der Wagenführer den Abfallflügel vorher mit der Hand in die Ruhelage (auf Frei) zurück. Aber auch in Europa ist die Ausnutzung des Fernsprechers für die Zugabfertigung im steten Zunehmen begriffen, wie u. a. die Errichtung einer Befehlsstelle am Bahnhofe Dresden[22]) erhärtet, von der aus an Tagen außergewöhnlich lebhaften Zugverkehrs der gesamte Fahrdienst einheitlich überwacht und geregelt wird, zu welchem Behufe daselbst nebst den 15 elektrischen Läutewerksmeldern nicht weniger als 85 Fernsprecher zur Verfügung stehen.

Weichenstellung. Zum Fernstellen von Weichen führen die Berliner Siemens-Schuckertwerke[23]) für elektrische Bahnen eine entweder in einem eigenen Schaltkästchen oder im Straßenkörper eingebaute, durch Lichtsignale vervollständigte Stellvorrichtung aus, welche durch Solenoide bewegt wird; dieselbe tritt selbsttätig in Wirksamkeit, wenn der Führer einen als Stromschließer dienenden, isolierten Oberleitungsdraht mit eingeschaltetem Fahrschalter befährt, wogegen sie bei der Fahrt mit ausgeschaltetem Fahrschalter die normale Ruhelage ungeändert beibehält. Für den gleichen Zweck sind verwandte Weichenstellvorrichtungen[24]) der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft (A. E. G.) mit zwei Solenoiden ausgestattet, von denen jedes durch ein Relais ein- und ausgeschaltet wird, während die beiden Relais durch den Motorstrom vermittels besonderer Stromumschalter gesteuert werden. Die Steuerungsrelais können an beliebiger Stelle angebracht sein und es besteht zwischen ihnen und der Stellvorrichtung kein mechanischer Zusammenhang. Eine der bemerkenswertesten Stellwerksneuigkeiten bespricht Buddenberg[25]), nämlich den von A. Moutier erdachten, in der französischen Nordbahnstation Le Landy seit längerer Zeit mit Erfolg versuchten Fahrstraßen-Apparat. Er unterscheidet sich grundsätzlich darin, daß zur Einstellung und Festlegung aller Signale und Weichen jeder bestimmten Fahrstraße nur eine einzige Knebelumdrehung erforderlich und hierzu ein Zeitaufwand von bloß 2 bis 4 Sekunden nötig ist. Für jedes Ein- und Ausfahrtsignal und ebenso für jede Weiche ist im Stellwerk ein auf Kugellagern stehender, verschiebbarer Blechrahmen vorhanden. Die zu einer Fahrstraße gehörenden Rahmen stehen hintereinander und können durch das Drehen eines eigentümlichen, gemeinsamen Schlüssels rechts oder links verschoben oder festgehalten werden; sie wirken hierdurch als Stellvorrichtung sowie gleichzeitig als Verschlußregister. Zur Überwachung der Signallagen dienen Lichtsignale und ganz einfache elektrische Einfallriegel besorgen die Druckknopfsperre. Zum Umstellen der Signale und Weichen benutzt man in Le Landy Preßluft von 2—4 At. und zur Steuerung der Antriebe Preßwasser von 5—12 At. Druck. Das Stellwerk würde jedoch ebensowohl dem Preßluftantrieb mit elektrischer Steuerung oder dem rein elektrischen Betrieb sich anpassen lassen. Das genannte Versuchsstellwerk, welches 6 Ausfahrten, 5 Einfahrten und 12 Weichen umfaßt, ist nur 96 cm breit und 84 cm hoch und täglich werden damit ohne jegliche Schwierigkeit etwa 1100 Fahrstraßeneinstellungen ausgeführt.

[1]) Z. f. Schwachstrom 1911, p. 257. — [2]) Schweiz. Bauztg. 1911, 58. Bd., p. 334. — [3]) El. Z. 1912, p. 46. — [4]) Bull. intern. Eisenb. Kongr. Verb. 1912, p. 672—6. — [5]) El. Railway Jl., Vol. 39, p. 1130—1. — [6]) Report of the Joint Committee on Block Signals for electric Railways, Published in advance by the Association No. 306—507. — [7]) v. Kramer, Railw. Times, Vol. 102, p. 10—1; Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 987. — [8]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 987. — [9]) El. Z. 1912, p. 1215. — [10]) Rev. Gén. Chemins Fer 1911, 34. An., 2. Sem., p. 408—9. — [11]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 854—5. — [12]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 131—3. — [13]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 80—9. — [14]) El. Z. 1912, p. 1062 nach Z. f. Kleinbahnen, 18. Bd., p. 538. — [15]) Electrician (Ldn.), Vol. 69, p. 709—11; from El. Railway Jl., June 8. 1912, p. 68. — [16]) El. Z. 1912, p. 692 nach A. Tobler, Schweiz. Bauztg., 58. Bd., p. 209. — [17]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw., 52 Bd., p. 703. — [18]) Edler, El. Masch.-Bau 1912, p. 4—9, 32—5. — [19]) Telephony, Vol. 61, p. 19—21, 129—31, 161—3, 193—4, 617—8, 651—3; Vol. 63, p. 112—3, 562; Electricien (Paris), Sér. 2, T. 32, p. 18—28; Railw. Eng., Vol. 52, p. 771. — [20]) Telephony, Vol. 62, p. 703—5. — [21]) El. Railway Jl., Vol. 40, p. 101. — [22]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw., 52. Bd., p. 788. — [23]) El. Z. 1912, p. 195. — [24]) El. Masch.-Bau 1912, p. 529. — [25]) Buddenberg, Verkehrstechn. Woche u. eisenbahntechn. Z., 7. Bd., p. 165.

Seesignale.

Die Seesignale haben infolge des Unterganges der Titanic ein allgemeines Interesse gefunden. Eine große Menge von Erfindungen bezweckte, die Annäherung von Eisbergen feststellen zu können. Die meisten Erfinder gingen von der Voraussetzung aus, daß in der Umgebung der Eisberge die Wassertemperatur durch das Schmelzwasser erniedrigt sei und die sehr empfindlichen elektrischen Temperatur-Meßmethoden sollten diesen Temperaturabfall messen und melden. Genaue Messungen in der Nähe von Eisbergen ergaben aber, daß diese Voraussetzung nicht richtig war, daß vielmehr das Schmelzwasser nach unten sinkt und die hierdurch bedingte Wasserzirkulation unberechenbare Wassertemperaturen an der Meeresoberfläche der Eisbergumgebung hervorbringt.

Ein anderer Weg, die Nähe von Eisbergen festzustellen, wurde ebenfalls eingeschlagen. Dem Schiff sollte ein elektrisch betriebenes torpedoähnliches Boot vorausfahren, daß durch Kabel mit dem Schiff verbunden, sowohl die Temperaturschwankung als auch mechanische Stöße nach dort zurückmelden sollte. Die Durchführung dieses Problems dürfte große praktische Schwierigkeiten haben.

In der Praxis gut bewährt haben sich die Unterwassersignale, die durch Glocken- oder Wasser-Sirenen gegeben und durch Mikrophon und Telephon empfangen werden. Da auf beiden Seiten des Schiffes an der Innenseite der Außenwand Mikrophone in Wassertanks eingebaut sind, läßt sich die Richtung der Unterwassersignale durch wechselndes Einschalten der beiden Seiten an der ungleichen Lautstärke im empfangenden Telephon bestimmen. Die guten Erfolge dieser Signale in der Praxis, haben diese Methode international werden lassen und etwa 900 Schiffe sind bereits mit diesen Apparaten ausgerüstet.

Die drahtlose Telegraphie hat sich ebenfalls auf dem Gebiete der Seesignale Verdienste erworben, besonders durch Einführung des Telefunkenkompasses, der eine genaue Orientierung ermöglichen wird.

Signale im Sicherheitsdienst.

Im **privaten Sicherheitsdienst** ist als besonderer Fortschritt zu bezeichnen, daß es gelungen ist, die Wächterkontroll-Anlagen zu verbilligen und dadurch eine ausgedehntere Verwendung zu ermöglichen, indem man die in den meisten größeren industriellen Anlagen vorhandenen Telephon-, Uhren- oder Signal-Anlagen für diese Zwecke mit verwandte.

Im **öffentlichen Sicherheitsdienst** wurde erreicht, daß die Sicherheits-Organe mit leichten Taschen-Mikrotelephonen ausgerüstet wurden, mit denen sie an öffentlichen Feuermeldern oder besonders auf der Straße angebrachten Anschlüssen eine Verbindung mit ihrer Wache oder anderen Hilfsstellen erreichen können.

Im **Feuermeldewesen** ist weiter daran gearbeitet worden, das Einlaufen der Meldungen und die Übertragung dieser auf die einzelnen Empfangsstellen so sicher und schnell wie möglich zu gestalten; so wurden Zeitstempel, Lichttablos und Rohrpost dazu verwandt, die eingelaufenen Meldungen an die Offiziere und Mannschaften zu übermitteln. Gleichzeitig ist die Übersicht im Telegraphenzimmer durch Verringerung der Apparat-Zahl verbessert worden, so z. B. durch Einführung der Doppelregistrierwerke. Die Temperaturmelder, die im allgemeinen aus Blechstreifen bestehen, die aus zwei Metallen von verschiedenen Temperaturkoeffizienten zusammengewalzt sind und durch ihre Verspannung bei Erwärmung Kontakt schließen oder öffnen, fanden in öffentlichen und privaten Anlagen ausgedehnte Verwendung. Da ihre sichere Funktion erwiesen ist, wurden solche Anlagen an städtische Feuermeldenetze angeschlossen, so daß ein ausbrechendes Feuer den nächsten öffentlichen Melder auslöst und die Feuerwehr alarmiert.

Schlagwetter. Die im letzten Jahre vorgekommenen Grubenunglücke haben das Interesse an einem Alarmapparat, der das Vorhandensein von Schlagwettern anzeigt, neu erregt. Ein Preisausschreiben, in dem die Bedingungen, die an einen solchen Apparat gestellt werden, festgelegt sind, hat die Erfindertätigkeit in bestimmte Bahnen gelenkt und das kommende Jahr wird zeigen, ob es gelingt, einen praktisch brauchbaren Apparat zu konstruieren.

Die sehr zahlreich vorkommenden Vergiftungen durch Leuchtgas könnten durch ähnliche Apparate mit Erfolg bekämpft werden.

Maschinenbetrieb. Die Überwachung des Betriebes unzugänglicher Maschinen wurde auf einfache und billige Weise dadurch erreicht, daß ein Mikrophon an dem Lager oder Gehäuse der Maschine befestigt wurde, das mit einem Telephon in der Betriebsüberwachungsstelle verbunden war; durch Abhören des Betriebsgeräusches war eine ausreichende Überwachung ermöglicht.

Haus- und Gasthoftelegraphen, Elektrische Uhren, Fernmeß- und Meldeapparate.

Haus- und Gasthoftelegraphen. Die bisher übliche Methode des Gasthoftelegraphen, durch mehrmaliges Glockenzeichen und das Fallen einer Tabloklappe die gewünschte Bedienung nach einem bestimmten Zimmer zu rufen, ist in größeren Hotels vollkommen verlassen und durch Lichtsignale ersetzt worden. Diese Lichtsignale, die über jeder Zimmertür angebracht sind und in verschiedenen Farben leuchten, entsprechend der Art des gewünschten Personals, ersparen der Bedienung den Weg zum Tablo und vermeiden jedes Geräusch.

Um auch in mittleren und kleinen Gasthöfen an der Stellung des Tablos erkennen zu können, wer gerufen ist, wurde eine Tablofallklappe konstruiert, die drei Stellungen einzunehmen vermag, je nachdem der Gast 1, 2 oder 3 mal auf den Rufknopf drückt. Um beim Wiederholen des Rufes das Signal nicht zu verstellen, wird die Klappe in der gewünschten Stellung festgehalten, bis sie durch das Personal in ihre Ruhelage zurückgestellt wird.

Da die üblichen Hauswecker auch mit Wechselstrom von 50 Perioden zu betreiben sind, ist man dazu übergegangen, kleine Transformatoren an das Starkstromnetz anzuschließen, die sekundär 4, 8 oder 12 V zum Betrieb der Schwachstromanlage liefern. Über die Beschaffenheit solcher Klingeltransformatoren sind vom Verband Deutscher Elektrotechniker besondere Leitsätze aufgestellt worden. Um die Schwachstromanlagen an die mit Gleichstrom gespeisten Starkstromnetze anschließen zu können, sind Vorrichtungen durchgebildet worden, die jede gefährliche Spannung von dem Schwachstromnetz automatisch fernhalten. Diese Apparate setzen aber voraus, daß ein Leiter des Starkstromnetzes geerdet ist.

Die **elektrischen Uhren** sind soweit durchgebildet worden, daß sie als vollkommen betriebssicher in fast allen größeren öffentlichen Gebäuden eingebaut werden, und zwar haben sich beide Systeme gehalten, sowohl die Anlagen mit elektrischer Haupt- und Nebenuhr, als auch die Anlagen mit elektrisch regulierten Uhren mit eigenem Gangwerk. Die Mutteruhr wird im allgemeinen elektrisch aufgezogen, entweder durch Elektromagnete oder durch Motoren. Die Haupt- oder eine Nebenuhr wird für die Abgabe von Pausen oder anderer beliebig einstellbarer Signale eingerichtet. In Hamburg kann man sich durch die Verbindung mit einer bestimmten Telephonnummer die genaue Zeit der Hamburger Sternwarte verschaffen. Diese gemeinnützige Einrichtung hat ihre Fortentwickelung in den drahtlosen Zeitsignalen von Norddeich und vom Eiffelturm gefunden. Neuerdings wird ein Projekt erwogen, Deutschland von einer drahtlosen Station in der Nähe von Fulda aus mit genauer Zeitangabe zu versehen.

Fernmeßapparate. F e r n t h e r m o m e t e r. Mit der Zentralisierung der Heizanlagen von größeren Gebäudekomplexen haben die Fernthermometer immer aus-

gedehntere Verwendung gefunden, und zwar besonders das Widerstandsthermometer zur Bestimmung der Zimmertemperatur, die thermoelektrischen Fernthermometer zur Kontrolle der Heizvorgänge im Ofen selbst. Wird zur Messung der Ofentemperatur ein Galvanometer benutzt, so kann dieses durch geeignete Kontaktgabe am Zeiger die Heizung selbst vermittels eines Relaisstromkreises beeinflussen, so daß eine konstante Temperatur erreicht wird.

Geschwindigkeitsmesser mit rotierendem Magnetsystem finden immer mehr Anwendung auf Automobilen, Lokomotiven und auch bei stationären Maschinen. Da die vom Wirbelstrom durchflossene Einstellscheibe im allgemeinen aus Aluminium besteht, haben diese Apparate einen stark ausgeprägten Temperaturfehler. In letzter Zeit ist es gelungen, durch Kompensation den Fehler in geringen Grenzen zu halten. Auf demselben Prinzip sind registrierende Geschwindigkeitsmesser mit kräftigem Drehmoment und guter Dämpfung konstruiert worden.

Um die Geschwindigkeit von Schiffen oder Strömungen zu messen, ist eine Methode zur Anwendung gekommen, die darin besteht, daß die bewegte Flüssigkeit an einer Heizzentrale vorbeigeführt und ihre Erwärmung durch Thermoelemente bestimmt wird; dies ergibt ein Maß der Strömungsgeschwindigkeit.

Materialprüfung. An Eisenbahnbrücken, Schienen und Eisenkonstruktionen, die lange Jahre gebraucht waren, fand man Strukturänderung des Eisens und eine Verringerung der Materialkonstanten. Um in kurzer Zeit die Erscheinung des Alterns hervorzubringen, ist eine Materialprüfungsmaschine konstruiert worden, in der das zu untersuchende Material der Wirkung eines Wechselstrom-Elektromagnets unterworfen wird.

Fernmeldung. Die mündliche Befehlsübermittlung hat bei Schiffen schon lange nicht mehr genügt. Das Sprachrohr und die mechanischen Kommandogeber eignen sich nur für kleinere Schiffe. Die Gleichstrom-Kommandogeber waren nicht ohne Kontakte zu betreiben, die eine stete Fehlerquelle in sich bergen, daher ging man dazu über, die Kommandoübermittlungs-Anlagen mit Wechselstrom zu betreiben und erreichte hierdurch eine hohe Betriebssicherheit, da alle Kontakte durch feste Verbindungen zu ersetzen waren. Die Maschinen- und Ruder-Telegraphen, die Artillerie-Kommandogeber der Kriegsmarine werden neuerdings ausschließlich mit Wechselstrom betrieben. Wenn die zu übermittelnden Befehle inhaltlich nicht festgelegt sind, wie z. B. die drahtlos empfangenen Befehle auf Kriegsschiffen, lassen sie sich mit gutem Erfolge durch Fernschreiber weitergeben.

Eine sehr wichtige Durchbildung hat die Kommandoübermittlung im Grubenbetriebe erfahren. Während früher die Befehle durch Glockenzeichen von der Sohle zur Hängebank und von hier zum Maschinenhaus gegeben wurden, wird jetzt der Befehl der Sohle direkt als optisches Zeichen dem Maschinenführer als vorbereitende Nachricht übermittelt; kommt das Glockenzeichen von der Hängebank und stimmt mit dem erhaltenen optischen Zeichen überein, alsdann wird der Befehl ausgeführt. Da die Befehle zur gleichen Zeit registriert werden, können einerseits viele Unfälle vermieden, andererseits die Schuldigen an vorkommenden Unfällen leichter ermittelt werden. Bei Etagenförderung sind besondere Vorkehrungen getroffen, daß Befehle nur mit der Zustimmung aller Beteiligten übermittelt werden können.

Kompaß. Zur Übermittlung der Kompaßstellung auf Schiffen, sind verschiedene Verfahren weiter durchgebildet worden. So die Einstellung von Eisennadeln in magnet-elektrische Felder und die Belichtung von Selenzellen, die durch ihre Widerstandsänderung den Anzeigeapparat zum Einspielen bringen.

Auch die elektrisch betriebenen Kreiselkompasse sind den Anforderungen der Praxis weiter angepaßt und die Schwierigkeit der Achsenlagerung erfolgreich bekämpft.

Droschken-Automaten. Eine neuartige Fernübertragung ist in Hamburg zum ersten Male eingerichtet worden. Hier sind auf den Autodroschken-Halteplätzen Automaten aufgestellt, in die ankommende Droschkenführer eine Münze einzustecken haben und dadurch den Widerstand eines Stromkreises

regeln. In der Zentrale ist in diesem Stromkreis ein Milliamperemeter eingeschaltet, das durch seine Zeigerstellung die Zahl der an der Haltestelle wartenden Droschken angibt. Bei der Abfahrt nimmt der Führer seine Marke wieder aus dem Automaten und das Zentraleninstrument zeigt eine Droschke weniger an. Ein gegenseitiger telephonischer Verkehr zwischen Zentrale und Haltestelle ist vorgesehen, um die Wagen gleichmäßig oder der Nachfrage entsprechend über die ganze Stadt verteilen zu können. Eine Aufzeichnung der einzelnen Wagennummern und ihrer Wartezeiten gestatten eine genaue Kontrolle des ganzen Verkehrs.

Hilfsapparate für das Signalwesen. Die umständliche Instandhaltung der Trockenelemente in Signalanlagen hat es wünschenswert erscheinen lassen, den Starkstrom zum Betriebe der Signalapparate zu verwenden. Aus diesem Grunde sind die Wecker für Starkstrombetrieb den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechend durchgebildet und bei Wechselstrom ist die Konstruktion dem Betriebe mit 50 Perioden angepaßt worden. Die Hupen fanden eine immer weitere Verbreitung ganz besonders dadurch, daß kleine Typen geschaffen wurden, die so billig auf den Markt gebracht werden können, daß sie mit dem Wecker konkurrieren. Sie haben den Vorteil, ein von Weckern leicht unterscheidbares Signal zu geben und wenn mit einem Signalapparat mehrere Zeichen gegeben werden sollen (Morsezeichen) besonders geeignet zu sein. An den Signaltablos mit elektrischer Rückstellung ist eine Verbesserung angebracht worden, die von praktischer Bedeutung ist. Früher wurden in diese Tablos permanente Magnete eingebaut, die durch die magnet-elektrische Beeinflussung leicht geschwächt werden. Um dies zu vermeiden, sind Klappen mit zwei Spulen konstruiert, die abwechselnd erregt werden und einen Kippanker anziehen, der eine Kippklappe zur Verstellung bringt.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

XIII. Elektrische Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Oberingenieur Cl. Paulus, München. — Messung von Strom, Spannung und Leistung, Phase und Frequenz, Verbrauch. Von Oberingenieur Cl. Paulus, München. — Messung des Widerstandes, der Kapazität, der Induktivität. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Hilfsmittel bei Messungen. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

Einheiten, Normalmaße.

Die seit einigen Jahren in verschiedenen Ländern geführten Verhandlungen über eine allgemeine Verständigung hinsichtlich der Verwendung einheitlicher Maße, Benennungen und Formelzeichen haben auch im Laufe dieses Jahres weitere Fortschritte ergeben. Der Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen, welchem verschiedene Vereinigungen der deutsch sprechenden Länder angehören[1]), hat eine Reihe von Formelzeichen für verschiedene physikalische Größen aufgestellt und vorgeschlagen, daß als technische Einheit der Leistung das Kilowatt (kW) oder Großpferd (GP) = 102 Kilogrammeter in der Sekunde = 10^{10} Erg in der Sekunde, sowie daß in allen Formeln mit Ausnahme für verschiedene praktische und wissenschaftliche Zwecke möglichst nur die absolute Temperatur zu benutzen sei.

Die Einheit der Spannung, d. h. die Reproduktion und die Konstanz der Weston-Elemente kann nach den Erfahrungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[2]) auf wenige Hunderttausendstel auch international verbürgt werden; denn nach den Ergebnissen von verschiedenen Versuchen hat die elektromotorische Kraft der im Herbste 1909 neu hergestellten Kadmium-Normalelemente nicht abgenommen und aus neuen Merkurosulfatpräparaten hergestellte Elemente wiesen im Mittel dieselbe elektromotorische Kraft auf wie die ursprünglichen Elemente; außerdem konnte nochmals, wie bereits früher, festgestellt werden, daß die Art und Weise des Auswaschens des gefällten Merkurosulfats ohne wesentlichen Einfluß auf die elektromotorische Kraft der Elemente ist.

Eingehende seit längerer Zeit im Bureau of Standards ausgeführte Versuche mit verschiedenen Silbervoltametertypen zur genauen Bestimmung des elektrochemischen Äquivalentes[3]) ergaben, daß das Rayleighsche Filterpapier-Voltameter einen um $^1/_{2500}$ höheren Wert ergab als das Richardsche Instrument (Tonzellenform). Die Differenz war von der Dicke bzw. der Zahl der Filterpapierschichten abhängig. Das Richardsche Voltameter ergab denselben Wert, wenn die Tonzelle außen mit Filterpapier umgeben war oder das Elektrolyt vor dem Versuche durch Berühren mit Filterpapier verunreinigt war. Genaue Untersuchungen der Struktur der Niederschläge zeigten, daß sie bei reinem Elektrolyt stets kristallinisch sind und streifenförmige Niederschläge durch die Gegenwart kolloidaler Teilchen hervorgerufen werden.

Im Verfolge der in London (1908) gefaßten internationalen Beschlüsse ist nach einer Mitteilung der Reichsanstalt[4]) unter großen Schwierigkeiten nunmehr die Herstellung neuer Quecksilber-Normalrohre aus Jenaer Glas 59 III gelungen, bei denen der sogenannte Kaliberfaktor 5 Zehntausendstel nicht überschreitet und der Querschnitt nahe 1 mm^2 beträgt. Weitere von der Reichsanstalt an Normalwiderständen aus Manganin durchgeführte Messungen ergaben, daß der Einfluß der Feuchtigkeit verhältnismäßig gering ist, so daß dieselbe wenigstens für Widerstände von 1 Ohm im Klima Deutschlands ohne Nachteil ist. Die kleinen, stets vorhandenen Schwankungen der Widerstände werden auch noch durch andere Faktoren hervorgerufen.

[1]) El. Z. 1912, p. 438 u. 963. — [2]) Z. Instrumk. 1912, p. 130 u. 131. — [3]) El. World, 14. Dez. 1912. — [4]) Z. Instrumk. 1912, p. 129, 130.

Messung von Strom, Spannung und Leistung, Phase und Frequenz, Verbrauch.

Strommessung. Vor allem wurde versucht, entsprechend den Galvanometern für Gleichstrommessungen auch für Wechselstrom empfindliche, möglichst transportable Instrumente herzustellen, welche außerdem bei Gleich- und Wechselstrom dieselben Angaben machen. Meistens werden bei solchen Apparaten thermoelektrische Kräfte zur Messung mittels eines gewöhnlichen Galvanometers benutzt, indem Thermoelemente von einem den zu messenden Strom führenden Heizdraht erwärmt werden; die Empfindlichkeit solcher Instrumente wird vielfach dadurch vergrößert, daß die Thermoelemente samt dem Heizdrahte in einem evakuiertem Gefäß angeordnet werden. Derartige Apparate können ebenso wie die gewöhnlichen Hitzdrahtinstrumente durch Verwendung von Abzweigwiderständen für die Messung verschieden großer Ströme benutzt werden und erwiesen sich auch zur Messung von Strömen hoher Frequenz als brauchbar. Im übrigen erstreckten sich die Neuerungen hauptsächlich auf weitere Verbesserungen der bereits bekannten Konstruktionen und Meßmethoden. Bemerkenswert ist noch, daß neuerdings in Hochspannungsanlagen die Strommesser nicht mehr in Verbindung mit Stromwandlern, sondern direkt (häufig auf Stützisolatoren) in die Leitungen eingebaut werden, um Vereinfachung der Leitungsführung und Verbilligung der Anlage zu erhalten.

Für die Messung sehr kleiner Wechselströme verwendet Thieme[1]) in einem geschlossenen Glasgehäuse eine kleine Heizspirale aus Platindraht, in deren Hohlraum ein Thermoelement eingebaut ist. Dieses Glasgehäuse wird in eine hohle Glaskugel eingeschmolzen, welche evakuiert wird und ebenso wie das Glasgehäuse nach außen versilbert ist. Dieses Instrument soll äußerst empfindlich sein und bereits nach kurzer Zeit (einige Sekunden bei kleinen Stromstärken und 1 bis 2 Minuten bei größeren Stromstärken) seine Konstanz erhalten. Die Messung der elektromotorischen Kraft des Thermoelementes erfolgt mittels eines Kompensationsapparates, um das Thermoelement nicht zur Stromabgabe heranzuziehen. Im Gegensatz zu dieser Konstruktion, welche eine gewisse Trägheit der Einstellung besitzt, wird bei den Apparaten von Schering[2]) und Guggenheimer[3]) das Thermoelement mit dem Hitzdraht leitend verbunden. Bei diesen Instrumenten werden nach der Wertheim-Salomonschen Schaltung Thermoelemente aus Manganin und Konstantan zu einer Wheatstoneschen Brücke zusammengebaut, wobei an dem einen Galvanometerpol die beiden positiven, an dem anderen die beiden negativen Pole der Thermoelemente zusammenstoßen. Ein in die Brücke eingeschalteter Widerstand soll den Eintritt des zu messenden Stromes in das Galvanometer vermeiden. Den Übelstand, daß diese Instrumente bei Wechselstrom und bei kommutiertem Gleichstrom verschiedene Angaben machen, beseitigte Schering bei einer anderen Konstruktion. Zwei Hitzdrähte aus Manganin bzw. Konstantan sind parallel geschaltet; in der Mitte des Manganindrahtes ist ein Konstantandraht und in der Mitte des Konstantandrahtes ein

Manganindraht aufgelötet; diese beiden Drähte führen zum Galvanometer. Der Strom erwärmt die Lötstellen, deren Thermokraft am Galvanometer gemessen wird. Da an der Lötstelle kein Übergang des Stromes vom Manganin zum Konstantan stattfindet, tritt kein Peltiereffekt auf.

Greinacher[4]) empfiehlt zur Messung kleiner Wechselströme, speziell als Nullinstrument an Stelle eines Telephons das Wulfsche Elektrometer, dessen wesentlicher Teil bekanntlich aus zwei beim Anlegen einer Spannung sich spreizenden Fäden besteht; dasselbe wird unter Verwendung eines kleinen Induktors in die Brücke eingebaut, wobei zweckmäßig an dem am Instrument angebrachten Hilfskonduktor sowie am Gehäuse eine passende Gleichstromspannung angebracht wird. Die Quarzsaiten werden bei Durchgang von Wechselstrom in lebhafte Vibrationen versetzt, welche beim Abgleichen der Brücke zum Verschwinden gebracht werden.

Zur Messung von größeren Strömen sehr hoher Frequenz wird in der Reichsanstalt[5]) ein einzelner, zwischen dicken Messingbolzen ausgespannter Draht von 0,1 mm Dicke verwendet, auf dessen Mitte ein Thermoelement aufgelötet ist. Bei Verwendung eines Kupferdrahtes und eines geräumigen Petroleumbades zum Zwecke der Abkühlung konnten mit dieser Vorrichtung Ströme bis zu 7 A gemessen werden.

Bei den von Hartmann & Braun hergestellten Strommessern für Ströme hoher Frequenz[6]) sind Bänder aus Platin-Iridium zwischen dicken, zylindrischen Kupferbolzen so ausgespannt, daß sie den Mantel eines Kreiszylinders bilden. Die Bänder, welche angenähert $^1/_5$ der sonst bei Hitzdrahtinstrumenten üblichen Länge besitzen, sind, da an den Einspannstellen eine große Wärmeableitung erfolgt, sehr dünn und biegsam mit großer Oberfläche bei kleinstem Querschnitt ausgeführt, so daß das Leitungsvermögen selbst bei den höchsten Frequenzen praktisch nicht verändert wird. Die Angaben dieser Instrumente, welche bis zu 300 A gebaut werden, werden durch Frequenzen, wie sie in der drahtlosen Telegraphie vorkommen, nicht beeinflußt, erst bei Frequenzen von etwa 6 Millionen in der Sekunde macht sich ein kleiner Fehler bemerkbar.

Interessant sind die Logometer von Carpentier[7]), welche das zahlenmäßige Verhältnis zweier Ströme angeben. Zwischen den Polen eines Gleich- oder Wechselstrommagnets ist das bewegliche System mit zwei getrennten Wicklungen angeordnet, welche von den beiden Strömen durchflossen werden, deren Verhältnis gemessen werden soll. Die Pole und der Kern des Magnets sind exzentrisch angeordnet, so daß in dem Luftraum die Intensität der Kraftlinien von Punkt zu Punkt verschieden ist. Gleichgewicht des Systems ist vorhanden, wenn die Drehmomente beider Spulen gleich sind. Diese Logometer haben den Vorteil, eine gewünschte Teilung der Skala zu erwirken und die Angaben unabhängig von der Netzspannung zu machen; dieselben werden für die verschiedensten Zwecke verwendet. In erster Linie dienen die Logometer zum Vergleich zweier Ströme, von denen der eine konstant bleibt, während der andere durch einen Widerstand veränderlich ist; die Ablesung ergibt dann unmittelbar den betreffenden Widerstand unabhängig von der Spannung. Vielseitig ist auch die Anwendung für Wechselstrom als Frequenz- und Phasenmesser.

Für Stromwandler teilt Möllinger[8]) ein einfaches Diagramm mit, aus welchem das Verhalten bei allen Belastungsverhältnissen bestimmt werden kann; das Diagramm kann nach Leerlaufs-, Kurzschluß- und Widerstandsmessung sowie nach angenäherter Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses aufgestellt werden.

Als harmonischen Analysator periodischer Ströme verwendet Blondel[9]) ein Galvanometer, dessen bewegliches System aus einem, im Zentrum eines starken Gleichstromsolenoids aufgehängten, weichen Eisenstäbchen besteht; dieses Stäbchen wird außerdem von einem transversalen Felde beeinflußt, welches durch 2 kleine, von dem zu untersuchenden Wechselstrom durchflossenen Spulen erzeugt wird. Durch Verändern des Feldes wird die Eigenfrequenz des Galvanometers verändert, so daß das bewegliche System der Reihe nach zur Resonanz

mit den verschiedenen Nebenfrequenzen gebracht werden kann. Bei einem anderen Resonanzgalvanometer von Blondel ist eine leichte, in sich geschlossene Spule an einem zwischen zwei Stegen bifilar gespannten System aufgehängt. Ein kleiner Transformator, dessen sekundären Stromkreis diese Spule bildet und dessen primärer Stromkreis von dem zu untersuchenden Strom durchflossen wird, induziert in der Spule einen Strom; die Spannung des bifilaren Systems oder die Entfernung der beiden Stege wird so geregelt, daß Resonanz entsteht, während ein Magnet auf die Spule wirkt.

Zur Analyse von Wechselstromkurven, die in der zweiten Periodenhälfte gleich verlaufen wie in der ersten, d. h. welche nur ungeradzahlige Oberschwingungen enthalten, schlagen Pichelmayer und Schrutka[10]) vor, die Kurve nach ihrem Charakter in einen gebrochenen Linienzug zu zerlegen; durch Parallele zur Abszissenachse erhält man eine Reihe von Paralleltrapezen, aus denen sich die Kurve zusammensetzt. Der Vorteil liegt in der Möglichkeit einer guten Approximation des Diagramms durch die Trapeze.

Spannungsmessung. Die stetig zunehmende Ausdehnung der Hochspannungsnetze, um die elektrische Energie auf weite Entfernungen zu übertragen, stellte an die Technik die Forderung nach Apparaten zur Messung hoher Spannungen, welche in den Schaltanlagen als Kontrollinstrumente und in den Laboratorien zur Untersuchung der Isoliermaterialien dienen sollen. Die neuen Apparate stellten natürlich auch die weitere Aufgabe, genaue Meßmethoden für deren Prüfung und Eichung zu verwenden. Das bekannte Verfahren, eine Spannung über einen großen Widerstand anzuschließen und von Abteilungen desselben abzuzweigen, wurde von Orlich und Schulze[11]) mit Erfolg zur genauen Messung von hohen Spannungen verwendet. (Vgl. p. 175.)

In den Versuchsräumen werden für Hochspannungsmessungen außer Niederspannungsapparaten in Verbindung mit einem Spannungswandler sehr häufig elektrostatische Instrumente verwendet, welche neuerdings als technische Apparate für Spannungen bis 200 000 und 300 000 V gebaut werden. Siemens & Halske verwenden bei derartigen statischen Voltmetern Öl als Dielektrikum, um den Abstand der Elektroden ohne Gefahr eines Überschlages möglichst gering und die Anziehungskraft der Elektroden möglichst groß zu machen; die Instrumente werden gegen störende Beeinflussungen von außen durch entsprechende Metallkörper geschützt und können einzeln bis 150 000 V und bei Hintereinanderschaltung von zwei Apparaten bis zu 300 000 V benutzt werden.

Bei einer anderen Konstruktion[12]) zur Messung sehr hoher Spannungen sind die als Elektroden ausgebildeten Spannungspole in rohrförmigen Körpern angeordnet und wirken infolge der Strahlwirkung auf die in diesen Körpern enthaltene Luft ein; die hierdurch hervorgerufene Luftströmung wird auf eine besondere Anzeigevorrichtung übertragen.

Zum Prüfen von technischen Instrumenten für hohe Spannungen wird vielfach noch als Vergleichsinstrument eine Funkenstrecke verwendet, indem der Abstand der beiden Elektroden als Maß für die Überschlagsspannung benutzt wird. Eine besondere Ausführung einer Funkenstrecke[13]) hat außer einer festen Elektrode eine unter Federdruck stehende, bewegliche Elektrode mit daran befestigtem Kolben, der in einem mit Öl gefüllten Zylinder verschiebbar ist. Das Öl steht unter Druck und spannt infolgedessen die Feder des Kolbens. Nach Einstellung eines bestimmten Ausschlages am Instrument wird die Spannung konstant gehalten; durch Öffnen eines kleinen Hahnes läßt man das Öl allmählich entweichen und die Elektroden einander allmählich nähern, bis ein Überschlag erfolgt. Der Abstand der Elektroden kann an einer Skala genau abgelesen werden.

In Schaltanlagen mit Hochspannung werden vielfach Spannungsanzeiger, d. h. Apparate verwendet, welche anzeigen, ob sich eine Leitung unter Spannung befindet. Dieselben sind auf elektrostatischem Prinzip aufgebaut und können an jeder beliebigen Leitung aufgehängt werden; steht dieselbe unter Spannung, so wird bei

Ablenkung des beweglichen Systems eine auffallende Marke auf größere Entfernung hin sichtbar.

Leistungsmessung. Besondere Anforderungen an die Ausführung der Leistungsmessungen stellte die stets zunehmende Verwendung des elektrischen Hochspannungs-Lichtbogens für elektrochemische Zwecke, da in diesen Fällen Leistungsanzeiger in Verbindung mit Strom- und Spannungswandlern keine zuverlässigen Werte angeben.[14]) Die im Lichtbogen auftretende Gleichstromspannung ruft infolge des geringen Ohmschen Widerstandes der primären Wicklung des Spannungswandlers eine hohe magnetische Sättigung des Eisens hervor. Hierdurch wird eine Verzerrung des für die Induktion in der sekundären Spule in Betracht kommenden Magnetfeldes herbeigeführt und somit wird die sekundäre Spannung andere Eigenschaften besitzen als die primäre. Zur Erlangung einer einwandfreien Messung, ohne Instrumente direkt in die Hochspannung einbauen zu müssen, kann anstelle eines Spannungswandlers ein kleiner, entsprechend gewickelter Stromwandler[15]) verwendet werden, welchem ein großer, induktionsfreier Widerstand vorgeschaltet wird, um die im Spannungsstromkreis auftretenden Gleichströme möglichst gering zu halten und eine störende Beeinflussung des Meßresultats zu vermeiden.

Zur Leistungsmessung in Hochspannungskabeln, um die dielektrischen Verluste festzustellen, wurde von Siemens & Halske ein besonderes Instrument gebaut, welches mit Rücksicht auf die großen Phasenverschiebungen bereits bei einem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0{,}03$ den maximalen Ausschlag zeigt. Das bewegliche System besitzt Bandaufhängung; die Spulen sind astatisch angeordnet.

Bemerkenswert ist eine Einrichtung an dynamometrischen Wattmetern,[16]) um den störenden Einfluß der Selbstinduktion in der Spannungsspule zu eliminieren. Parallel zur Spannungsspule wird ein induktiver Widerstand gelegt; das Verhältnis der Induktanz zum Ohmschen Widerstand der Spannungsspule bezw. des Nebenschlusses kann stets so gewählt werden, daß der Phasenwinkel zwischen Klemmenspannung und Strom in der Spannungsspule für ein großes Gebiet von Frequenzen verschwindend klein ist.

Zur Erlangung einer gleichmäßigen Feldverteilung bei Elektrodynamometern für sehr große Stromstärken[17]) können für die festen Spulen zwei koachsiale, ineinander geschobene Kupferrohre verwendet werden, welche nacheinander vom Hauptstrom durchflossen werden. Die beiden beweglichen Spulen sind astatisch angeordnet und symmetrisch oberhalb bezw. unterhalb des inneren Rohres angebracht.

Phasenmesser, Frequenzmesser, Synchronoskope. In den elektrischen Zentralen machte sich für eine genaue und bequeme Regulierung das Bedürfnis fühlbar, die speziell beim Parallelschalten von Maschinen benötigten Apparate auf möglichst große Entfernungen sichtbar zu machen. Mit Rücksicht hierauf wurden in neuerer Zeit vielfach Frequenzmesser mit Zeiger und Skala eingeführt.

Bei dem Frequenzmesser von Carpentier[18]) auf dem Prinzipe der Logometer ist die Feldmagnetwicklung mit der einen Drehspule, ein Kondensator mit der anderen Drehspule in Reihe geschaltet; diese beiden, parallel an das Netz angeschlossenen Kreise führen um zirka 180° phasenverschobene Ströme, deren Verhältnis sich mit der Frequenz unabhängig von der Netzspannung ändert. Der Frequenzmesser der Weston Instr. Co.[19]) besteht aus zwei festen Spulen, deren Achsen auf einander senkrecht stehen, sowie aus einem Eisenstäbchen als beweglichem System. Infolge entsprechender Verbindung mit induktionsfreien und induktiven Widerständen fließen in den beiden festen Spulen bei Veränderung der Frequenz verschiedene Ströme; dadurch wird das resultierende Feld der beiden Spulen verschoben und das bewegliche System nimmt dementsprechend eine andere Lage ein. Bei einer anderen Konstruktion[20]) wird ein bewegliches System durch den Wechselstrom entsprechend dessen Frequenz in Schwingungen versetzt; hierbei schwingt eine auf dem beweglichen System angebrachte Spule in einem permanenten Magnetfelde und erzeugt, je nach der Zahl der Schwingungen

bezw. der Frequenz, verschieden große elektromotorische Kräfte, welche an einem Voltmeter gemessen werden.

Einen sehr originellen Apparat stellt das Phasensynchronoskop der Weston Instr. Co.[21]) dar; dasselbe ist ein Dynamometer, dessen feste Spule über einen induktionsfreien Widerstand an das Netz und dessen bewegliche Spule an die zuzuschaltende Maschine über einen Kondensator angeschlossen ist; das bewegliche System zeigt keinen Ausschlag, wenn die Spannungen des Netzes und der Maschine bei gleicher Periodenzahl in Phase bezw. um 180° verschoben sind. Der Zeiger befindet sich hinter einer transparenten Skala, welche von einer Phasenlampe nur bei Gleichheit der Phasen und der Periodenzahl beleuchtet wird. Haben Netz und Maschine nicht dieselbe Frequenz, so schwingt der Zeiger hin und her, wobei jede Schwingung den Übergang des Phasenunterschiedes von ¼ Periode negativen oder positiven Betrages in einen solchen positiven oder negativen Wertes darstellt. Da dies auch mit einer Periode von Helligkeit oder Dunkelheit der Phasenlampe zusammenfällt, so ist der Zeiger nur während einer Schwingung sichtbar und es hat den Anschein, als ob der Zeiger rotiere; der Sinn dieser scheinbaren Rotation gibt an, ob die Maschine zu schnell oder zu langsam läuft, während die Schnelligkeit der Umdrehungen ein Maß für die Differenz der Periodenzahlen bildet. Sind die Spannungen des Netzes und der Maschine bei gleicher Periodenzahl nicht in Phase, so zeigt der Zeiger einen gewissen Ausschlag; das Parallelschalten kann erst erfolgen, wenn der Zeiger bei erleuchteter Skala in der Mitte derselben stehen bleibt.

Abweichend von den üblichen Konstruktionen der Phasenmesser ist der Apparat von Carpentier[22]) auf dem Prinzip der Logometer aufgebaut. Der Elektromagnet ist von dem Hauptstrom durchflossen, während die beiden Spulen des beweglichen Systems an die Netzspannung angeschlossen sind; durch eine besondere Schaltung unter Benutzung eines kleinen Transformators mit offenem magnetischen Stromkreis, bleibt das Verhältnis der beiden Ströme in den Spulen des beweglichen Systems unabhängig von der Frequenz. Die von dem Elektromagnete auf die beiden Spulen des beweglichen Systems ausgeübten Drehmomente sind dem Sinus bezw. Kosinus des Phasenwinkels zwischen Verbrauchsstrom und Netzspannung proportional, d. h. die Lage des beweglichen Systems ist nur von diesem Phasenwinkel abhängig.

Verbrauchsmessung und Tarifapparate. Auf dem Gebiete des Zählerbaues wurden vor allem die bereits vorhandenen Systeme hinsichtlich ihrer Meßgenauigkeit bei kleinen Belastungen verbessert; diese Aufgabe mußte speziell seit Einführung der Metalldrahtlampen von kleiner Lichtstärke berücksichtigt werden. Außerdem wurden die Zähler vielfach in ihrem Aufbau und in ihrer Herstellungsweise vereinfacht, um den Elektrizitätswerken insbesondere für die kleinen Abnehmer auch billige Apparate liefern zu können. Für Gleichstrom haben die Amperestundenzähler weitere Verwendung gefunden; vielfach werden anstatt der Kollektorzähler elektrolytische und Quecksilbermotorzähler eingeführt. Die Wechsel- und Drehstromzähler, welche fast ausschließlich auf dem Ferrarisschen Prinzip aufgebaut sind, wurden hinsichtlich der Abhängigkeit ihrer Angaben von der Spannung, Periodenzahl und Kurvenform verbessert; insbesondere ist es gelungen, bei relativ großem Drehmoment den Wattverbrauch im Spannungsstromkreis zu verkleinern, so daß gegenwärtig die meisten Wechselstromzähler bei den üblichen Periodenzahlen einen Verbrauch von höchstens 1 W für 100 V aufweisen. Die Drehstromzähler wurden durch entsprechende Ausbildung und Anordnung der Triebsysteme von der Phasenfolge unabhängig gemacht.

Die stetig größeren Anforderungen, welche somit an die Zählertechnik gestellt wurden, gab gleichzeitig vielfach Veranlassung, die Eigenschaften der Zähler genau und eingehend zu untersuchen und auf ihre Ursachen zurückzuführen, um so neue Unterlagen für die Konstruktionen zu schaffen.

Eine große Anzahl von Apparaten, welche jedoch in ihrem Prinzip meist schon bekannt waren, förderten die verschiedenen Tarifarten zutage, welche bei

den einzelnen Elektrizitätswerken unter Berücksichtigung der jeweils obwaltenden Verhältnisse zur Einführung gelangten. Außer den Pauschaltarifapparaten, welche nach Überschreitung einer gewissen Stromstärke den Abnehmer durch Flackern des Lichtes, Abschalten des Stromes oder Dunkelbrennen der Lampen veranlassen, nur Strom innerhalb des pauschalierten Betrages zu beziehen, gelangten vielfach zur Einführung Maximumzeiger zur Angabe der innerhalb einer bestimmten Zeit stattgehabten Höchstbelastung, Überverbrauchszähler, welche den Verbrauch über eine bestimmte Pauschalgrenze gesondert angeben, sowie Doppeltarifapparate, welche für den Strombezug zu verschiedenen Tageszeiten oder nach Maßgabe der eingeschalteten Apparate (Licht und Kraft) verschiedene Einheitspreise für die Verrechnung zugrunde legen. Die selbstkassierenden Apparate haben eine verhältnismäßig geringe Verbreitung gefunden, da in den meisten Fällen die selbstkassierende Vorrichtung die Apparate zu sehr verteuert. Dagegen werden registrierende Instrumente teils zur Kontrolle des eigenen Betriebes, teils zur Festlegung der maximalen Belastung mehr und mehr verwendet. Die Befestigung der Zähler, Uhren, Tarifapparate erfolgt neuerdings auf besonderen Tafeln aus Isolierstoff, auf welchen auch Sicherungen, Prüfklemmen, Schalter usw. angebracht werden können, um die Installation der Zähler in den einzelnen Anlagen möglichst gefällig, übersichtlich und billig zu gestalten.

Von den Arbeiten, welche sich mit der Wirkungsweise und mit den Eigenschaften der Zähler eingehend beschäftigen, sei nur auf die wichtigsten hingewiesen. Durand[23]) behandelt eingehend, in welcher Weise die Zähler durch Eigenerwärmung, Spannungsänderungen, Reibung, fremde Felder, Kurzschlüsse, sowie bei Wechselstrom durch die Wellenform, Periodenzahl und den Leistungsfaktor beeinflußt werden. Rogowski[24]) untersucht die Vorgänge in der Scheibe von Wechselstromzählern auf Grund der Maxwellschen Theorie unter Voraussetzung stufenförmiger Felder und stellt Gleichungen für die treibenden und bremsenden Drehmomente bei stillstehender und bewegter Scheibe auf. Schmiedel[25]) untersucht die verschiedenen Formen von Zählerkurven und führt deren Verlauf auf einzelne Ursachen zurück; eingehend wird auch der Einfluß der Reibung behandelt. Eine interessante Zusammenstellung von Versuchsergebnissen neuester Wechselstromzähler gibt Hofmann[26]); aus den gewonnenen Resultaten berechnet er sodann verschiedene Faktoren, welche zur Beurteilung der Güte und des Verhaltens der Zähler im dauernden Betriebe maßgebend sind.

Von den neueren Zählerkonstruktionen ist der Stiazähler zur Strommessung bei Pufferbatterien[27]) hervorzuheben; durch ein unter dem Einfluß der Stromstärke stehendes, äußerst empfindliches, polarisiertes Relais wird bei Ladung und Entladung je eine besondere Meßröhre eingeschaltet, so daß die der Batterie entnommene bezw. zugeführte Strommenge in Amperestunden angezeigt werden. Für eine fortlaufende Registrierung des Verbrauches werden neuerdings bei den Stiazählern zwei Meßröhren[27]) verwendet, in welchen verschiedene Mengen von Quecksilber von einer gemeinschaftlichen Elektrode ausgeschieden werden, wobei ein Teilstrich der einen Röhre beispielsweise $^1/_{10}$ KWSt. und der der andern Röhre 10 KWSt. angibt. Beim Kippen entleert sich nur die Röhre mit dem kleineren Meßbereich, während das Quecksilber der anderen Röhre in ein besonderes Gefäß fließt, aus welchem es nach Zurückkippen des Zählers wieder in die Meßröhre zurückfließt. Bemerkenswert ist auch die Ausführung eines Wechselstromzählers[28]), bei welchem die beiden äußeren die Spannungsspulen tragenden Schenkel des dreizinkigen Triebkernes gegen den mittleren, die Hauptstromwicklung tragenden Schenkel an dem der Ankerscheibe zugeordneten Ende genähert sind, um ein möglichst großes Drehmoment bei kleinem Eigenverbrauch zu erhalten; ein derartiger Zähler hat bei einem Drehmoment von 8—9 cg einen Eigenverbrauch von nur 1,1 W bei 220 V und 1,4 W bei 440 V.

Von der großen Zahl von Strombegrenzern, welche meist aus einem elektromagnetischen Relais bestehen, zeigt der sogenannte Mehrlichtautomat von Hatfield[29]) eine neue Vorrichtung, durch welche der Abnehmer auf eine gewisse

Zeit Strom über den pauschalierten Betrag beziehen kann. Nach Einwurf eines Geldstückes wird der Strombegrenzer durch einen Quecksilberschalter kurz geschlossen und somit außer Betrieb gesetzt; gleichzeitig wird eine, diesen Quecksilberschalter anwärmende Heizspule eingeschaltet, welche das Quecksilber zum Verdampfen bringt. Nach einer gewissen Zeit ist eine so große Menge des Quecksilbers verdampft, daß der Kurzschluß des Strombegrenzers aufgehoben und somit der Strombegrenzer in den betriebsfähigen Zustand zurückversetzt wird; sodann wird auch der Stromkreis der Heizspule unterbrochen; das verdampfte Quecksilber kondensiert in einer besonderen Röhre.

Ein Doppeltarifapparat, welcher am Tage, wenn kein Licht gebrannt wird, den Strombezug zum niederen Preissatz und abends beim Brennen von Lampen erst nach Überschreitung einer gewissen Stromstärke am Zähler die Umschaltung auf das Zählwerk des hohen Preissatzes bewirkt, rührt von Zell[30]) her; in dem Stromkreis des Umschaltemagnets des Doppelzählwerkes befinden sich zwei Kontakte; ein vom Lichtstrom durchflossenes Relais schließt den einen Kontakt, sobald eine Lampe eingeschaltet wird; der zweite Kontakt wird durch ein zweites, vom Gesamtstrom (Licht und Kraft) durchflossenes Relais geschlossen, wenn der Strom eine gewisse, einstellbare Größe überschreitet. Sind beide Kontakte geschlossen, so zeigt der Zähler den Verbracuh nach hohem Preissatz an. Demselben Zweck dient eine weitere Konstruktion,[31]) bei welcher in Verbindung mit einem Doppeltarifzähler eine Kontaktuhr sowie eine besondere Kontaktvorrichtung, welche von einem vom Verbrauchsstrom durchflossenen Relais betätigt wird, zusammengebaut sind. Während der Sperrzeit schließt die Kontaktuhr den einen im Stromkreis des Umschaltmagnets des Doppelzählwerks liegenden Kontakt, während der zweite Kontakt dieses Stromkreises erst nach Überschreitung einer gewissen, einstellbaren Stromstärke geschlossen wird; die Abnehmer können somit außerhalb der Sperrzeit, sowie während der Sperrzeit, wenn während letzterer ein gewisser Verbrauch nicht überschritten wird, Strom zum niederen Preissatz beziehen.

Bei den Spitzenzähler der Firma Schott & Gen., Jena[32]), ist zwischen den Polen eines vom Verbrauchsstrom durchflossenen Elektromagnets ein Röhrensystem mit Quecksilber angeordnet, welches bei den Magnetpolen vom Hauptstrom durchflossen wird. Bei Stromdurchgang wird das Quecksilber senkrecht zum Magnetfeld fortbewegt und steigt in einer Röhre an; hat das Quecksilber in dieser Röhre eine gewisse Höhe erreicht, so schließt es einen Kontakt und bewirkt dadurch die Verbrauchsanzeige nach hohem Preissatz bezw. den Beginn der Registrierung.

[1]) Thieme, Arch. f. El., 1. Bd., Heft 7. — [2]) Schering, Z. f. Instrum. 1912, Heft 3 u. 4. — [3]) Guggenheimer, El. Z. 1912, p. 73, 74, 94—96. — [4]) Greinacher, Phys. Z. 1912, p. 388. — [5]) Z. f. Instrum. 1912, p. 161—2. — [6]) Hartmann und Braun, JB. drahtl. Telegr., 5. Bd., Heft 5. — [7]) Carpentier, El. Z. 1912, p. 693; Lum. él., Sér. 2, T. 17. — [8]) Möllinger, El. Z. 1912, p. 270, 271. — [9]) Blondel, Phys. Z. 1912, p. 830. — [10]) Pichelmayer und Schrutke, El. Z. 1912, p. 129. — [11]) Orlich und Schulze, Arch. f. El., 1. Bd., Heft 1 u. 2. — [12]) D. R. P. 243 380. — [13]) El. World, Vol. 59, p. 1307. — [14]) Phys. Z. 1911, p. 343—6. — [15]) D. R. P. 242 529. — [16]) D. R. P. 245 360. — [17]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912. — [18]) Carpentier, El. Z., 1912, p. 693. — [19]) Weston Instr. Co., El. Z., 1912, p. 1149. — [20]) D. R. P. 252 285. — [21]) Weston Instr. Co., El. Z. 1912, p. 1147. — [22]) Lum. él., Sér. 2, T. 18, p. 103—7. — [23]) Durand, Lum. él., Sér. 2, T. 16, p. 291—304. — [24]) Rogowski, El. Masch.-Bau 1911, p. 915; Arch. El., 1. Bd., Heft 5. — [25]) Schmiedel, El. Masch.-Bau 1911, p. 955, 978. — [26]) Hofmann, El. Masch.-Bau 1912, Heft 10. — [27]) Helios Export 1912, p. 1549—51. — [28]) El. Z. 1912, p. 826—7. — [29]) El. Z. 1912, p. 563—4. — [30]) Zell, D. R. P. 246 263. — [31]) D. R. P. 242 996. — [32]) Schott u. Gen., Helios Exp. 1912, p. 1549—51.

Messung des Widerstandes, der Kapazität, der Induktivität.

Widerstandsmessung. Die direkt zeigenden Widerstandsmesser, die auf der räumlich gegeneinander verschobenen Anordnung zweier Drehspulen in unsymmetrischem Feld eines Permanentmagnets beruhen und bei denen die Zeigereinstellung nur von dem Verhältnis der Stromstärke in den beiden Drehspulen abhängig ist, sind durch eine Neukonstruktion der Firma Evershed[1]) auf den Meßbereich von 5 Ohm bis herab auf wenige Millionstel Ohm ausgedehnt worden. Der Strom in der einen Drehspule ist der Stromstärke, in der andern der Spannung proportional, die an den abgegriffenen Stellen des Widerstands herrscht. Der gesamte Meßbereich ist in 5 Stufen geteilt, und die dabei bequem umzuschaltenden Abzweig- und Vorschaltwiderstände so bemessen, daß die Ablesung mit ganzzahligen Faktoren zu multiplizieren ist. Eine eigenartige Anschlußklemmenkonstruktion ermöglicht es, Prüfstäbe von verschiedenster Form und Größe des Querschnitts sicher und exakt einzuspannen.

Die Firma Evershed & Vignoles gibt einem Instrument gleicher Art[2]) Kontaktgriffe bei, deren scharfe pyramidenförmige Spitzen sich beim Andrücken nach Art eines Drillbohrers in das Material einbohren, eine besonders für Messungen von Kontaktwiderständen an Schaltern usw. geeignete Konstruktion.

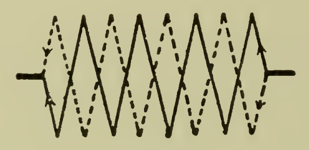


Abb. 12.

An Stelle der bei diesen Instrumenten verwendeten Kreuz-Drehspulenanordnung wird bei einem neuen Widerstandsmesser[3]) der Weston Instr. Co. eine einzige Drehspule verwendet, die gleichzeitig mit einer Strom- und Spannungswicklung versehen ist. Man reguliert den Strom, der den zu messenden Widerstand durchfließt, so daß der Zeiger auf eine Skalenmarke, den Nullpunkt der Ohmskala sich einstellt. Dann wird durch Druck auf eine Taste ein bis dahin dem zu messenden Widerstand nebengeschalteter Widerstand vom Beitrag des Widerstands der Spannungswicklung durch diese selbst ersetzt und dadurch der Ausschlag um ein der Spannung am Widerstand proportionales Maß reduziert. Das Instrument kann mit auswechselbaren Meßbereichen von maximal 0,01 Ohm bis 2000 Ohm geliefert werden. Es ist dem Einfluß äußerer Felder nicht unterworfen, soweit diese sich während der Messung nicht ändern.

Ein neuer Isolations- und Spannungsprüfer der Firma Dr. Paul Meyer, der besonders für Messungen an Wechselstromnetzen bestimmt ist, enthält außer den üblichen Bestandteilen, Magnetinduktor und Gleichstromvoltmeter, noch ein Wechselstromvoltmeter, mit dem eventuell auch die Isolationsmessungen unter Benutzung des Wechselstroms der Anlage ausgeführt werden können.

Rheostaten, Meß- und Belastungswiderstände. Die Grundlagen der Starkstrommeßwiderstände mit Potentialabzweigungen und ihrer Messung mit der Thomsonbrücke erfahren eine erschöpfende Behandlung durch eine Arbeit von Wenner[4]) über den „Four-Terminal Conductor“ und die Thomsonbrücke. Auch die Anwendung der Thomsonbrücke für Wechselstrommessungen wird behandelt.

Für die Verwendung von Glühlampen als Belastungswiderstände dürften zwei von Amrine[5]) veröffentlichte Versuchsdaten von Nutzen sein, aus denen alle hierfür in Betracht kommenden Eigenschaften der gebräuchlichen Lampentypen unter den verschiedensten Versuchsbedingungen entnommen werden können. Außer den kommerziellen Glühlampen wurden eigens angefertigte Kohlenfadenlampen untersucht, die verschieden stark karbonisiert waren. Es zeigte sich, daß bei einer Karbonisierung, die eine Widerstandsverringerung um 50%

ergibt, der Widerstand in den Grenzen von 60 bis 180% des Normalstroms fast konstant (zwischen 51 und 52% des Kalt-Widerstands) bleibt.

Die von Ruhstrat auf Anregung von Nernst zuerst hergestellten Schieberwiderstände, bei denen Gleitkontakte auf blanken Flächen der Drahtwicklung schleifen, sind neuerdings unter der Bezeichnung Kreuzwiderstände auch induktionsfrei ausgestaltet worden. Dabei werden zwei genau gleichlange Widerstandsdrähte nach dem Schema der Abb. 12 einander parallel geschaltet, wobei die beiden Hälften in entgegengesetztem Sinn gewickelt sind. Wesentlich ist, gegenüber schon bekannten Ausführungen dieser Wicklung, daß die Drähte an den Kreuzungsstellen in einer ebenen Fläche liegen, wodurch genaue Gleichheit der beiden Drahthälften erzielt wird. Die Konstruktion wird auch als nicht regulierbarer Meßwiderstand hergestellt und dürfte für Eichzwecke bei Wechselstrom, besonders aber als Meßwiderstand bei Hochfrequenzstrom Verbreitung finden.

Für Rheostatenwiderstände von höheren Beträgen, wo bifilare Wicklung wegen der Kapazitätswirkung nicht mehr zulässig ist, erscheint die Kreuzwicklung weniger geeignet, da bei gleichem Querschnitt die vierfache Drahtlänge erforderlich wird. Hier dürfte durch ein neues Wicklungsverfahren von Curtis und Grover[6]) eine prinzipiell vollkommenere Lösung gefunden sein. Der Draht wird über ein im Hauptschnitt der Länge nach aufgeschlitztes Rohr immer einmal herumgeführt, durch die Schlitze durchgeführt und im umgekehrten Sinn der vorangehenden Wicklungsrichtung weitergewickelt. Ein derartig gewickelter Widerstand von 10 000 Ohm zeigte bei 1200 Perioden eine effektive Induktivität von 0,1 Millihenry und eine Widerstandsvermehrung von weniger als 0,001 % gegen den Gleichstromwiderstand. Diese Wicklung wird der Chaperonschen für Einheiten von 5000 Ohm ab vorgezogen, da sie exakteren Anschluß der nebeneinander liegenden Windungen ermöglicht. Für Einheiten zwischen 10 und 5000 Ohm verwandten Curtis und Grover die Wicklungsmethode nach Chaperon mit einfacher Drahtlage bei wechselnder Wicklungsrichtung. Diese Wicklungsart beseitigt ebenso wie alle bisher beschriebenen nur die „innere" Kapazität der Widerstände. Die Wirkung der Kapazität gegen die Umgebung wurde zuerst von Orlich und Schultze[7]) durch eine auf bestimmtes Potential gebrachte Hülle beseitigt. Dadurch wurde ein Spannungsteiler für Hochspannungsmessungen geschaffen, der besonders für die an der P. T. R. ausgearbeiteten Elektrometermethoden zur Untersuchung von Spannungstransformatoren und für Untersuchung von Dielektrika bei Hochspannung wertvoll ist. Die komplizierte Theorie dieser Hochspannungsteiler geht davon aus, daß infolge der Wirkung der verteilten Kapazität eines in einfacher Lage auf ein Porzellanrohr gewickelten Widerstandes der Strom sich längs derselben nach Amplitude und Phase ändert. Liegt der Anfang an Erde, das Ende am Hochspannungspol, so ergibt sich, daß der Strom am Anfang, also auch die Teilspannung V_1 am ersten Widerstandselement in der Phase hinter der Gesamtspannung V liegt. Um den Widerstand als Spannungsteiler mit wohldefiniertem Verhältnis der Teilspannung am Anfang zur Gesamtspannung benutzen zu können, muß der Strom am Anfang in Phase mit der Gesamtspannung gebracht werden. Als Bedingung hierfür ergibt sich, daß die das Widerstandsrohr umgebende Hülle gegen den Anfang auf ⅓ der Gesamtspannung gehalten werden muß. Dies läßt sich durch einen passend bemessenen Spannungsteiler für die Hülle erreichen. Auch die Bedingung, daß das Amplitudenverhältnis der Gesamtspannung zum Anfangsstrom gleich dem Gesamtwiderstand ist, läßt sich durch geeignete Konstruktion mit genügender Annäherung erreichen.

Bei Widerständen für sehr hohe Spannung würde die Hülle eine sehr hohe Spannung gegen den Widerstand erhalten. Man teilt dann den Widerstand in einzelne Elemente und gibt jeder Hülle eine andere Spannung. Auch für diese Anordnung lassen sich die theoretischen Bedingungen erfüllen.

Die umfassende experimentelle Prüfung bestätigte die Theorie. Es ergab sich das Resultat, daß der Orlich-Schultzesche Spannungsteiler sowohl mit zusammenhängenden, als auch mit geteilten Schutzmänteln, im ersteren Fall unter der

oben genannten Bedingung für dessen Spannung gegen den Widerstandsanfang, Wechselspannungen bis 12 000 V so zu unterteilen gestattet, daß die Teilspannung am Anfang mit der Gesamtspannung auf wenige Minuten in Phase ist; dabei verhält sich der Spannungsteiler mit 8 hintereinander geschalteten Widerstandsröhren, was das Verhältnis der Teilspannung am Anfang zur Gesamtspannung betrifft, mindestens mit einer Genauigkeit von 0,2‰ wie ein rein ohmischer Widerstand.

Kondensatoren für Meßzwecke. Die bekannte Form des Koepselschen Drehplattenkondensators, bestehend aus einem festen und einem dazwischen greifenden drehbaren System halbkreisförmiger Platten ist in mannigfacher Weise weiterentwickelt worden. Die Lagerung wurde wohl zuerst von der C. Lorenz A.-G. verbessert und mit einer Feststellungsvorrichtung versehen. Die Kondensatoren werden kommerziell von mehreren Firmen in großen Ausführungen mit Plattenabständen bis zu 10 mm hergestellt. H. Boas führte statt der horizontalen Platten ineinandergreifende Halbzylinder mit vertikaler Achse ein, damit die im Fall eines Durchschlags zwischen den Platten bei Füllung mit Paraffinöl ent-

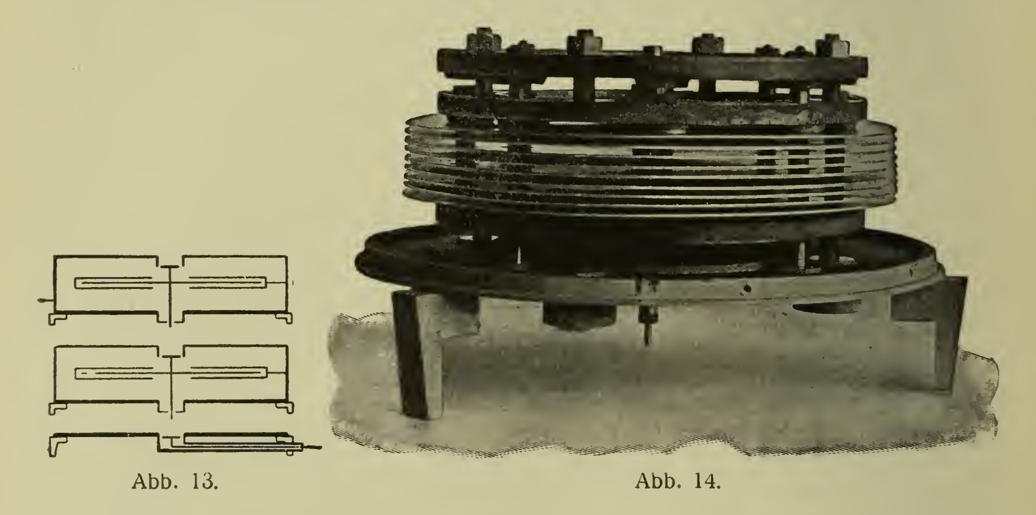


Abb. 13. Abb. 14.

stehenden Gasblasen entweichen können. Hierdurch wird eine Änderung der Kapazität und Verringerung der Durchschlagsfestigkeit durch die manchmal unbemerkt entstehenden Gasblasen vermieden. Eine Vergrößerung der Kapazität auf das Doppelte bei gleichem Raumbedarf wurde sowohl von H. Boas als auch von der Marconigesellschaft durch Vereinigung von je zwei Halbzylindern bzw. Halbkreisen im festen und im beweglichen System nach dem Prinzip des Binantenelektrometers[8]) erreicht. Die aus ebenen Platten bestehenden Kondensatoren lassen noch die Verwendung eines festen Dielektrikums zu.

G. Seibt[9]) weist auf die schädliche Verringerung des Isolationswiderstands hin, die durch Feuchtigkeitsniederschlag an den aufeinander reibenden Flächen des zwischen den Metallplatten liegenden und auf ihnen schleifenden Dielektrikums entstehen können. Er berechnet z. B., daß für einen Schwingungskreis mit den Daten L = 50 000 cm, R = 0,5 Ohm, C = 500 cm und λ = 314 m durch einen Nebenschluß zum Kondensator von 1 Megohm eine Dekrementvermehrung um 18% eintritt. Ferner weist er auf die Schwierigkeit hin, in rationeller Massenfabrikation Drehkondensatoren mit überall gleichgroßem Plattenabstand herzustellen und bemerkt, daß bei den käuflichen Drehkondensatoren in der Regel Abweichungen von 50% vom mittleren Abstand vorkommen, wodurch die Durchschlagsspannung entsprechend verringert wird. Er bringt genaue Angaben über Konstruktion und Herstellungsgang einer neuen Form von Drehkondensatoren,

bei der wieder auf die einfache Halbkreisanordnung zurückgegriffen ist. Bemerkenswert ist die verhältnismäßig große Stärke der Platten, von denen die drehbaren durch Ausfräsen im Block hergestellt, die festen durch einen massiven mit Nuten versehenen Zylinderkörper gehalten werden. Die Isolation der Lagerung ist durch einen Bakelitkörper gebildet, der vorzügliche Eigenschaften besitzt.

Um bei beliebiger Zusammenstellung eines Satzes von Normal-Luftkondensatoren die resultierende Kapazität als Summe der einander parallel geschalteten Einheiten berechnen zu können, ohne daß dabei eine Vernachlässigung oder Unsicherheit wegen der Kapazität ihrer Verbindungsleitungen auftritt, haben H. Schering und R. Schmidt[10]) eine neuartige Konstruktion angegeben. Die Zusammenstellung wird durch das Schema der Abb. 13 erläutert, wobei die beiden Plattensysteme jeder Einheit nur durch eine isolierte und zwei mit dem zylindrischen, metallischen Gehäuse verbundene Platten angedeutet sind. Die getrennt gezeichneten linken und rechten Teile der letzteren sind natürlich aus einem Stück zu denken. Beim Aufeinandersetzen werden die Kondensatoren ohne weiteres durch die Füße parallel geschaltet. Die isolierten Systeme tragen unten einen nach unten federnden Kontaktstift, der frei aus dem Boden des Gehäuses herausragt, oben eine Kontaktscheibe, die innerhalb einer Öffnung im Deckel steht. Eine solche Kontaktscheibe befindet sich auch in dem Untersatz, der zum Anschluß des Ganzen in die Versuchsanordnung dient. Dabei besitzt die hinzukommende Schaltungskapazität stets den gleichen Betrag, so daß diese bei der Eichung und Messung in die Kapazität des aufgesetzten Kondensators eingeht. Als Anschlußorgan in die Eich- oder Meßschaltung dient ein besonderer Untersatz. Bei der Eichung, die in der Maxwell-Thomsonschen Brückenanordnung vorgenommen wird, bestimmt man zuerst die Kapazität des Untersatzes mit dessen Zuleitungen. Hierauf setzt man den abzugleichenden Kondensator auf und reguliert ihn — durch Drehen eines Sektors an einem Ausschnitt der obersten Platte — so ein, daß die gemessene Kapazität durch ihn um den nominellen Betrag erhöht wird. Sind alle Kondensatoren dieses Satzes auf diese Weise abgeglichen, so erhält man, wie Versuche beweisen, bei beliebiger Zusammenstellung stets die Summe der nominellen Werte, vermehrt um die Kapazität des Untersatzes und der Zuleitungen zu diesem. Der letztere Anteil kann natürlich bei geeigneter Führung der Zuleitungen ebenfalls in der Regel genügend genau in Rechnung gesetzt werden.

Es wurden nach diesem System Kondensatoren von 1, 2 und 5 Milli-Mikroforad hergestellt. Abb. 14 gibt die Innenansicht eines Kondensators von 0,001 μF. Die Konstruktion schließt sich an die früher von Giebe[11]) angegebene an. Die Rahmen der beiden Plattensysteme, die jedes für sich metallisch fest verbunden sind, werden mit Säulchen aus gepreßtem Bernstein isoliert zusammengespannt. Neuerdings (nach schriftlicher Mitteilung) ist an Stelle des Bernsteins geschmolzener Quarz wegen seiner großen Festigkeit und verschwindender Temperaturausdehnung getreten. Die Platten bestehen aus Chromaluminium. Ein zu dem System passender veränderbarer Kondensator mit Meßbereich von 0,0001 bis 0,002 μF dient zur Einstellung der Zwischenstufen.

Induktivität. Induktionsnormale und -Variometer. Über wesentliche Neuerungen ist nichts zu berichten. Mit Einführung der mehrfach verdrillten Litzen aus Emailledrähten von 0,07 mm Durchmesser und der aus solchen geflochtenen Litzenbänder der Ges. für drahtlose Telegraphie hat die Entwicklung offenbar ein gewisses Ziel erreicht, indem die Selbstinduktion bei diesem keine beachtenswerte Änderung mit der Frequenz, selbst für hohe Schwingungszahlen zeigt. Allerdings ist für hohe Frequenz die Widerstandsvermehrung noch sehr hoch und der kleine Raumfaktor bedingt großes Volumen. Bevorzugt wird für Spulen und für Variometer in Hochfrequenzsystemen jetzt wohl die Scheibenwicklung. Die Variometer werden am besten aus zwei einander dicht gegenüberliegenden, gleich dimensionierten Doppelhalbkreisen oder Kreispaaren gebildet, von denen ein Teil feststeht, das andere in seiner Wicklungsebene drehbar ist. Dadurch, daß diese Anordnung außer der Serienschaltung auch

Parallelschaltung der einander gleichen Teile zuläßt, ergibt sich eine erhebliche Erweiterung des Variationsbereichs.

Dielektrizitätskonstante fester Körper. Die Messung aus dem Verhältnis der Kapazität eines Kreisplattenkondensators mit und ohne eingeschobene Probeplatte liefert bekanntlich ohne weiteres keine zuverlässigen Resultate, da bei der allgemein verwendeten einfachen Formel paralleler Verlauf aller Kraftlinien, senkrecht von einer Platte zur andern angenommen wird. Grüneisen und Giebe[12]) zeigen, daß die Randkorrektion und die Teilkapazität gegen Erde berücksichtigt werden muß, um die Methode einwandfrei zu gestalten.

Man erhält um nur wenige Prozente zu niedrige Werte, wenn die D.-K. bestimmt wird als Quotient aus der mit Dielektrikum gemessenen Gesamtkapazität abzüglich der Teilkapazität gegen Erde und der aus der Kirchhoffschen Formel für unendlich dünne Kreisplatten vom Radius R und Plattenabstand a berechneten Kapazität:

$$C = \frac{R^2}{4a} + \frac{R}{4\pi}\left(\text{lognat}\,\frac{16\pi R}{a} + 1\right)$$

ebenfalls abzüglich der Teilkapazität gegen Erde. Vorausgesetzt ist dabei Erdung von einer der beiden aus Stanniol bestehenden, auf dem Dielektrikum aufgeklebten Platten. Der noch bleibende Fehler wird daher rühren, daß die im Randgebiet von der Rückseite der einen zur Rückseite der andern Belegung übergehenden Kraftlinien ganz oder zum Teil in Luft statt im festen Dielektrikum verlaufen.

Um von dieser Unsicherheit frei zu werden und die besonderen Messungen zur Bestimmung der Teilkapazität gegen Erde zu vermeiden, untersuchen die Verfasser die Anwendbarkeit des aus drei einander parallelen und gleichgroßen Platten gebildeten „Dreiplattenkondensators", weil bei diesem die mittlere Platte durch die beiden äußeren gegen die Umgebung fast vollständig abgeschützt ist. Hierzu sind allerdings zwei planparallele Isolatorscheiben erforderlich, die beiderseits mit je zwei kreisförmigen, konzentrischen Stanniolbelegungen versehen und so aufeinander gelegt werden, daß die inneren Stanniolblätter sich decken und zusammen die mittlere Belegung darstellen. Die Kapazität dieses Kondensators für Luft ist wieder aus den Dimensionen unter Berücksichtigung der Randwirkung zu berechnen, wozu Formeln für unendlich dünne und unendlich dicke Platten angegeben werden.

Die Messung mit diesem Dreiplattenkondensator läßt sich auf zirka 1% genau gestalten, also so genau, als im allgemeinen die Dimensionen der Probeplatten bestimmbar sind. Dem Zweiplattenkondensator ist der Dreiplattenkondensator mit geerdeten äußeren Belegungen für die D.-K.-Bestimmung fester Körper vorzuziehen, weil dessen Kapazität unabhängig von der Umgebung, also eindeutig definiert ist. Es ist daher nur eine einzige Kapazitätsmessung nötig. Auch darin ist ein Vorteil zu sehen, daß die Randkorrektion einen geringeren Bruchteil der Gesamtkapazität ausmacht als beim Zweiplattenkondensator.

Verlustwinkel. Phasenfehler. Wertvoll für jeden, der schwierigere Wechselstrommessungen mit Brückenmethoden auszuführen hat, ist eine von K. W. Wagner und A. Wertheimer[13]) gegebene Zusammenstellung von Mitteln und Kunstgriffen, durch die es ihnen gelang, bei akustischen Frequenzen Kapazitäten bis auf wenige Milliontel Mikrofarad genau und den Verlustwinkel auf etwa eine Bogensekunde genau zu messen.

Das schon vorher von Wagner[14]) verwendete Hilfsmittel zur Beseitigung des schädlichen Einflusses der Erdkapazität und der Erdableitungen bestand darin, daß die Brücke in bezug auf den Meßstrom mit einem Parallelzweig versehen wird, der einen Widerstand und eine Kapazität im gleichen Verhältnis wie bei den Brücken enthält. Indem zwischen diesen am Parallelzweig eine Erdung hergestellt wird, kommt der das Nullinstrument tragende Zweig der Brücke auf

das Erdpotential, wobei die auf die Endpunkte der Brückenzweige reduziert zu denkenden Kapazitäten und Ableitungen gegen Erde, wie leicht ersichtlich, aus den Brückenzweigen herausfallen. (Einfacher läßt sich dies übrigens in einer vom Referenten schon vor Jahren angewandten, aber nicht veröffentlichten Weise erzielen, wenn bei Kapazitäts- oder Induktivitätsvergleichung die Stromzuleitung so angelegt wird, daß die Widerstandszweige in Serie zu liegen kommen. Das Potential des Nullstromzweigs kann dann einfach durch einen parallel zur Brücke geschalteten Spannungsteiler auf das Erdpotential gebracht werden.)

Die weiteren, zum Teil ebenfalls nicht neuen, aber doch mit gleicher Konsequenz und Erfolg noch nicht angewandten Maßregeln bestehen in folgendem: 1. Vollständige metallische Umhüllung der Meßanordnung. 2. Bifilare Führung der Stromzuleitungen und der Fernhörerzuleitungen in geerdeten Messingröhren, wobei beide senkrecht zueinander stehen. 3. Herstellung von Resonanz für die Grundperiode des Meßstroms. 4. Benutzung eines Telephons, das für die Frequenz des Meßstroms ungefähr ein Empfindlichkeitsmaximum, oder wenigstens mit höheren Harmonischen der Hochfrequenzmaschine keine Resonanz ergibt. (Auf Verwendung des Vibrationsgalvanometers wird nicht eingegangen.)

Um durch die Phasenfehler der Brückenwiderstände nicht gefälschte Resultate zu erhalten, verwenden die Verfasser zur Messung des Verlustwinkels in Kondensatoren das Substitutionsverfahren. Dieses läßt sich für Kapazitäten bis 0,05 μF leicht mit Luftkondensatoren durchführen. Um die Verwendung von Luftkondensatoren von gleicher Größe wie der untersuchte zu umgehen, wenden die Verfasser ein neues Verfahren an. Die Brücke wird zunächst gegen einen vorhandenen Luftkondensator abgeglichen. Dann ersetzt man die beiden Kondensatoren durch (im allgemeinen kleinere) Luftkondensatoren, von denen einer veränderlich sein muß, so daß wieder gegen die vorher eingestellten Widerstandszweige abgeglichen werden kann. Die Konstanten der Widerstandszweige werden so nach Betrag und Phase eliminiert und der Verlustwinkel durch die Kapazitäten der Luftkondensatoren und die Widerstände ausgedrückt, die in den Zweigen der Kondensatoren, in Serie mit diesen abgeglichen wurden. Die Phasenfehler dieser kleinen Widerstände kommen nicht in Betracht.

In die Gleichung für die Kapazität gehen die Phasenwinkel der Widerstandszweige einzeln ein. Ihre Messung würde das Vorhandensein eines wirklich induktions- und kapazitätsfreien Widerstands voraussetzen. Deshalb wurde ein indirektes Verfahren eingeschlagen. Im Widerstandszweig 2 werden nacheinander auf Glimmer in Schleifen von gleichen Dimensionen aber mit verschiedener Stärke hergestellte Widerstände aus Plättestreifen eingeschaltet und abgeglichen. Die Interpolation der hierbei gewonnenen Phasendifferenz von Zweig 1 und 2 auf den Widerstand Null in 2, gibt den Phasenwinkel in 1, hieraus auch den in 2.

So ergab sich für eine 1000-Ohmspule der Phasenwinkel — 195″, für eine 10 000-Ohmspule rund -1° bei $\omega = 10\,000$.

Dementsprechend ergab sich das Kapazitätsverhältnis, nach der unkorrigierten Brückenformel $\frac{C_1}{C_2} = \frac{r_2}{r_1}$ berechnet, für $C_1 = 0{,}05$, $C_2 = 0{,}02$ und unter Verwendung dieser 10 000-Ohmspule um mehrere Zehntausendstel falsch. Andererseits zeigt dies, daß bei technischen Messungen stets mit dieser Formel gerechnet werden kann.

Ein anderer Weg zur Bestimmung der Phasenfehler von Widerstandsspulen wurde von Grover und Curtis[15]) beschritten. Diese ersetzen bei Spulen von kleinerem Widerstand, wo die Induktivität die Kapazität überwiegt, die in der Andersonschen Brücke gemessene Selbstinduktion durch eine solche von berechenbarem Betrag bei möglichst gleichem Widerstand. Dazu dienen aus Manganindraht hergestellte Schleifen oder Kreise.

Eine systematische Darstellung der Andersonschen Methode und ihrer Varianten auf Grund eines alle Fälle umfassenden Ersatzschemas gibt Butter-

worth[16]) in einer wertvollen Untersuchung über die Empfindlichkeitsbedingungen für das Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument. Das Ersatzschema, das diese Bedingungen für alle darunter fallenden Brückenmethoden gemeinsam darzustellen gestattet, besteht aus den 8 Zweigen, die durch die 4 Seiten eines Vierecks und die 4 (z. B. durch die beiden Diagonalen darzustellenden) Verbindungslinien der Ecken mit einem fünften Punkt gebildet werden. Eine Seite des Vierecks und eine nicht anliegende Diagonalenhälfte enthalten Stromquelle und Indikator oder umgekehrt. Das Schema wird auch auf die hauptsächlich von Campbell entwickelten Methoden ausgedehnt, die zur Abgleichung ein gegenseitiges Induktionsvariometer verwenden, indem nachgewiesen wird, daß die gegenseitige Induktion zweier Zweige durch einen bestimmten Widerstandsoperator eines ihre Enden verbindenden Zweigs ersetzt werden kann. Die beiden aufeinander induzierenden Zweige der Anordnung und der im Ersatzschema hinzutretende erhalten dabei Widerstandsoperatoren, in deren Ausdruck keine gegenseitige Induktivität vorkommt.

Eine Methode zum Vergleich von Induktivitäten oder Kapazitäten, die Butterworth[17]) für neu ansieht, ist allerdings schon in Fig. 113 von Orlichs Kapazität und Induktivität angegeben. Neu und besonders zum Vergleich von kleinen Induktivitäten mit Kondensatoren von normaler Grösse geeignet ist jedoch eine Methode[17]), die darin besteht, daß die Kapazität einerseits von einem Teil des dem induktiven Zweig benachbarten Widerstands, andererseits von einem Vorschaltwiderstand der Stromquelle oder des Nullinstruments abgezweigt wird, der im Diagonalzweig an den unverzweigten induktionslosen Brückenzweigen anschließt. Ohne besondere Vorsichtsmaßregeln konnte eine Selbstinduktion von ca. 23 mH und 0,2 Ohm Widerstand mit einem Kondensator von 0,1 μF auf mindestens 1 % genau verglichen werden.

Aus der für die Eichung von Normalkondensatoren unter Zurückführung auf Widerstand und Zeit grundsätzlich wichtigen Maxwell-Thomsonschen Methode entsteht eine von der Frequenz unabhängige direkt vergleichende Methode, wenn die Kombination: Kapazität mit rotierendem Schalter, der sie periodisch öffnet und schließt, auch im Nachbarzweig verwandt wird. Die Abgleichungsbedingung wird dann die gleiche wie für die gewöhnliche Maxwellsche Brückenmethode zur Vergleichung zweier Kapazitäten.

Campbell[18]) untersucht die Verwendbarkeit dieser (schon früher von Fleming benutzten, aber nicht veröffentlichten) Methode zum Vergleich von Kapazitäten mit dielektrischem Verlust. Er findet für Kapazitäten mit vernachlässigbarem Isolationsfehler Übereinstimmung der Resultate mit denen der Methoden, die sinusförmigen Meßstrom benutzen, wenn die Ladungszeit (und ebenso die Entladungszeit) gleich dem $2/\pi$-fachen der Halbperiode bei Messung mit Sinusstrom gewählt wird. Versuchsdaten sollen in einer Arbeit über die Bestimmung des Ohm in absolutem Maß erscheinen.

Die Methode dürfte der Maxwellschen Brückenmethode unter Anwendung eines Doppelkommutators in den beiden Diagonalzweigen äquivalent sein. Ein Vorzug kann in der etwas einfacheren Konstruktion des rotierenden Doppelkommutators gefunden werden.

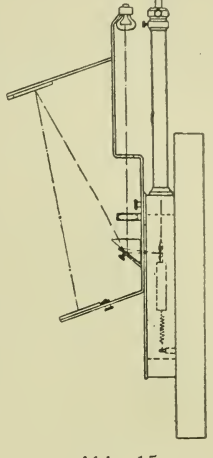
Zum Vergleich von Luftkondensatoren verwendet G. Seibt[19]) zwei Differentialmethoden. Bei der einen werden die Selbstinduktionsspulen zweier Schwingungskreise von einer Primärspule induziert und der Abstand letzterer so eingestellt, daß die Kondensatoren der beiden Kreise gleich große Spannung erhalten. Dies wird durch einen Detektor nachgewiesen, der von den in Serie, aber entgegenwirkend geschalteten Kondensatoren abgezweigt ist.

Bei der zweiten Methode werden die beiden in Serie geschalteten Selbstinduktionsspulen der beiden Schwingungskreise durch einen Stromunterbrecher in bekannter Weise zu schwach gedämpften Eigenschwingungen erregt. Die Spulen induzieren zwei Sekundärspulen, die einander entgegenwirkend mit dem Detektor in Serie geschaltet sind. In beiden Schaltungen wird nach erreichter

Abgleichung der in einem Kreis befindliche zu messende Kondensator gegen einen variabeln Normalkondensator vertauscht.

Nullmethoden zur Messung von Induktivitäten und Kapazitäten (auch Periodenzahlen), die auf dem Verschwinden der dynamischen Wirkung zwischen einer festen und einer beweglichen Spule beruhen, werden von H. Zipp[20]) auf Grundlage einer Theorie behandelt, die einwandfreier als die bisherige sein soll. Orlich[21]) und Peukert[21]) weisen auf den von Zipp dabei begangenen Fehler und auf frühere Veröffentlichungen der gleichen Methoden hin. Da der Ableitungsfehler zum größten Teil auf die Endformeln ohne Einfluß ist, verdienen immerhin die praktischen Vorschläge Zipps zur Ausführung der bisher wenig bekannten, aber einfachen und brauchbaren Methoden beachtet zu werden.

Das **Vibrationsgalvonometer** wird als Nullinstrument für Wechselstrommessungen immer mehr gewürdigt. Die neue zuerst von Mühlenhöver angewandte, aber erst von Duddell und seinen Schülern zu einem handlichen und bequem verstellbaren Instrument für 200 bis 2000 Perioden ausgebildete und eingehend untersuchte Form ist lediglich eine Modifikation des Blondelschen Oszillographen. Durch Anwendung von 1 m langen Saiten erhielten Schering und Schmidt[22]) eine Abstimmbarkeit in dem Frequenzbereich 25 bis 125.


Abb 15.

Für 50 Perioden ergibt sich 1 mm Ausschlag bei 1 m Skalenabstand für $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ A und $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ V. Es wird auf Kosten der Empfindlichkeit aus praktischen Gründen ziemlich starke Dämpfung verwendet.

Die Bedingung für den Induktionsfluss in Vibrationsgalvanometern, bei dem die maximale Spannungsempfindlichkeit eintritt, ist von Haworth[23]) abgeleitet worden; die in der Spule erzeugte elektromotorische Gegenkraft muß gleich ihrem Ohmschen Spannungsabfall sein.

[1]) Evershed, El. World 1911, Vol. 58, p. 1207. — [2]) El. Z. 1912, p. 43. — [3]) Helios 1912, Nr. 42. — [4]) Wenner, Bull. Bur. Stand., Vol. 8, p. 559 — [5]) Amrine, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, p. 1247. — [6]) Curtis u. Grover, Bull. Bur. Stand. 1912, Vol. 8, Nr. 3. — [7]) Orlich u. Schulze, Arch. El., 1. Bd., p. 1 und 88. — [8]) Dolezalek, Ann. Phys., 4. Reihe, 26. Bd., p. 312. — [9]) Seibt, Z. Schwachstr. 1911, p. 653. — [10]) Schering u. Schmidt, Z. Instrumkde. 1912, p. 253. — [11]) Giebe, Z. Instrumkde. 1909, p. 269 u. 301. — [12]) Grüneisen u. Giebe, Verh. dtsch. Phys. Ges. 1912, p. 921. — [13]) Wagner u. Wertheimer, Phys. Z. 1912, p. 368. — [14]) Wagner, El. Z. 1911, p. 1001. — [15]) Grover u. Curtis, Bull. Bur. of Stand., Vol. 8, 1912, No. 3. — [16]) Butterworth, Proc. Phys. Soc. (Ldn.), Vol. 24, p. 75. — [17]) Butterworth, Proc. Phys. Soc. (Ldn.), Vol. 24, p. 211. — [18]) Campbell, Proc. Phys. Soc. (Ldn.), Vol. 24, p. 181. — [19]) Seibt, Z. Schwachstrom 1911, p. 654. — [20]) Zipp, El. Z. 1912, p. 183. — [21]) Orlich, Peukert, El. Z. 1912, p. 332. — [22]) Schering u. Schmidt, Arch. El., 1. Bd., p. 254. — [23]) Haworth, Proc. Phys. Soc. (Ldn.), Vol. 24, p. 230.

Hilfsmittel bei Messungen.

Galvanometerablesung. Eine neue Anordnung der Leeds & Northrup Co.[1]) für objektive Fernrohrablesung ist aus Abb. 15 ohne weiteres verständlich. Praktisch erscheint, daß der kompendiöse Aufbau in allen Teilen leicht zugänglich ist, ungünstig, daß hierzu ein Spiegel von halber Skalenlänge benötigt wird, der das Licht schwächt und bei nicht ganz vollkommener Ausführung die Skalenfehler erhöht.

F. Göpel [2]) teilt die Konstruktion eines von ihm an der Ph. T. R. konstruierten Stativs für Ablesefernrohre mit, das — ohne selbstverständlich prinzipiell neues zu zeigen — den höchsten Anforderungen in jeder Hinsicht entspricht.

Prüfung konstanter Spannung. Als empfindlichen Indikator zur Einstellung einer konstanten Spannung benutzt Amrine [3]) die Howellsche Brücke in der Weise, daß zwei Diametralzweige gewöhnliche Kohlenfadenlampen, die beiden andern Wolframlampen enthalten. Wird die Brücke, an der zu kontrollierenden Spannung liegend, abgeglichen, so zeigt das Nullgalvanometer Spannungsschwankungen an, die am Voltmeter nicht bemerkt werden könnten.

[1]) Leeds & Northrup Co., El. World, Vol. 60, p. 574. — [2]) Göpel, Z. Instrumkde., 1912, Heft 11. — [3]) Amrine, Proc. Am. Inst. El. Eng., 1912, p. 1247.

XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich, Charlottenburg.

Abgesehen von einigen wohl nicht ganz beweiskräftigen Abhandlungen von Williams [1]), welcher eine Anzahl der bekanntesten magnetischen Erscheinungen durch die Annahme einer sphäroidalen Gestalt der Molekularmagnete zu erklären sucht, werden die rein wissenschaftlichen Untersuchungen des vergangenen Jahres auf dem Gebiete des Magnetismus im Wesentlichen durch die Langevin-Weißsche[2]) Theorie beeinflußt, die in den letzten Jahren vielversprechende Ausblicke in dies dunkle Gebiet eröffnet hat.

Die Theorie knüpft an die bekannten früheren Theorien von Weber, Ewing etc. an, nach welchen die ferromagnetischen Körper im unmagnetischen Zustand aus lauter ungeordneten Elementarmagneten bestehen, die erst dann, wenn sie durch eine äußere Kraft parallel gerichtet werden, magnetische Wirkungen nach außen hin ausüben können. Wir haben es also im Allgemeinen nicht nur mit dem von uns angewandten äußeren Feld zu tun, sondern auch mit einem inneren, das bei mäßigen Temperaturen das äußere sogar meist weit überwiegt. Es ist am größten bei der Temperatur des absoluten Nullpunktes, nimmt aber mit steigender Wärmebewegung der Moleküle, welche die magnetische Anordnung stört, immer mehr ab und verschwindet im magnetischen Umwandlungspunkt, bei welchem die ferromagnetischen Eigenschaften in eine Art von paramagnetischen übergehen. Eine Folge davon ist die Erscheinung der Abnahme der Sättigungswerte mit steigender Temperatur, die im Weißschen Laboratorium zu Zürich mit außerordentlich feinen Meßmethoden und Instrumenten verfolgt wurde. Die in dieser Beziehung wichtigsten Werte, nämlich die Sättigungswerte der ferromagnetischen Metalle bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs, wurden von Weiß und Kamerlingh Onnes im Laboratorium des letzteren zu Leyden bestimmt. Es ergab sich dabei die interessante Tatsache, daß die magnetischen Momente des Grammatomes von Eisen, Nickel, Kobalt und Magnetit als ganzzahlige Vielfache einer Größe aufgefaßt werden können, die Weiß das „Grammagneton" nannte. Dividiert man diese durch die Anzahl der im Grammatom enthaltenen Atome — nach Perrien $68{,}5 \times 10^{22}$ — so erhält man den Wert $16{,}40 \times 10^{-22}$ als Moment eines Elementarmagnets, des Magnetons selbst.

Die Fortsetzung der Messungen weit über den magnetischen Umwandlungspunkt hinaus hat u. a. das interessante Resultat ergeben, daß beim Eisen die verschiedene Modifikationen, das α-, β-, γ-Eisen, auch durch eine verschiedene Anzahl von Magnetonen charakterisiert sind.

In dieser Richtung sind nun namentlich zwei auf Anregung und mit den ausgezeichneten Vorrichtungen von Weiß ausgeführte Untersuchungen zu nennen, nämlich die Bestimmung der magnetischen Eigenschaften der Eisen-Cobalt-Legierungen bei verschiedenen Temperaturen durch A. Preuß[3]) und

diejenige der Nickel-Cobalt-Legierungen durch O. Bloch [4]). Beide bringen ein kleines, als Versuchsobjekt dienendes Ellipsoid zwischen die Pole eines um seine Achse drehbaren, starken Elektromagnets, zwischen denen sich auch die Heizvorrichtung in Gestalt eines kurzen, elektrischen Ofens befindet. Unterhalb des magnetischen Umwandlungspunktes (des „Curie"schen Punkts) wird das maximale Drehmoment bestimmt, welches das innerhalb eines gleichmäßigen Feldes befindliche Ellipsoid bei der Drehung des Magnets erfährt, oberhalb desClurieschen Punkts wird die Anziehung eines durch schneidenförmige Pole hervorgebrachten ungleichförmigen Feldes auf das Ellipsoid durch besonders feine Hilfsmittel gemessen. Als Vergleichsobjekte dienten kleine Glaskugeln mit Cobaltnitrat oder Manganchlorid von bekannter Suszeptibilität.

Die von Preuß untersuchten Substanzen bestanden aus reinem Elektrolyteisen, reinem Cobalt und Legierungen mit 10, 20 . . . 90 % Cobalt; die benützte Feldstärke, 12—13 000 Gauß, genügte fast stets zur Sättigung, nur nicht beim reinen Cobalt. Die Temperaturen lagen beim ersten Teil der Untersuchung zwischen der Temperatur der flüssigen Luft und dem Curieschen Punkte, so daß die Kurven für den Sättigungswert bis zum absoluten Nullpunkt extrapoliert werden konnten.

Das außerordentlich interessante Resultat dieses ersten Teils der Untersuchung besteht nun darin, daß zwar bei der zehnprozentigen Legierung die Sättigungsintensität unterhalb derjenigen des reinen Eisens liegt, dann aber beträchtlich darüber steigt und bei etwa 34 % Cobalt ein Maximum erreicht, das etwa 10 % höher liegt, als beim reinen Eisen; dieser Legierung entspricht aber genau die Verbindung Fe_2 Co.

Mit diesem Ergebnis, welches natürlich auch eine erhebliche technische Bedeutung gewinnen kann, ist die bisherige allgemeine Annahme, daß reines Eisen die höchste Magnetisierbarkeit besitzt, als unrichtig erwiesen.

Aus dem Ergebnis der Messungen oberhalb des Curieschen Punktes läßt sich nach Weiß die Magnetonenzahl berechnen; Preuß findet für das Eisenatom je nach seiner Natur 10, 12 oder 18 Magnetonen, für das Kobaltatom 15.

Bei den Nickel-Kobalt-Legierungen liegen nach Bloch die Verhältnisse erheblich einfacher: Beide Metalle verhalten sich magnetisch wie zwei vollständig ineinander lösliche Bestandteile; die Sättigungsintensität ändert sich linear mit dem Prozentgehalt, ebenso das molekulare Feld.

Das reine Nickel enthält zwischen 500° und 930° C. 8 Magnetonen, bei höheren Temperaturen 9.

Bei der Untersuchung der technisch bereits vielfach verwendeten Nickelstahllegierungen und Manganstahllegierungen fanden S. Hilpert und E. Colver-Glauert [5]), sowie W. Matthesius [6]) neue und interessante Eigenschaften. Bekannt war durch die bisherigen Untersuchungen von Hopkinson, Dumas, Dumont u. a., daß es gelingt, das Eisen durch Zusatz von etwa 25% Nickel unmagnetisierbar zu machen. Diese Tatsache wird von der Marine schon längere Zeit benützt, indem die Panzerplatten in der Nähe des Kompasses, welche zu außerordentlich starken Kompaßstörungen auf den Kriegsschiffen Veranlassung gegeben hatten, aus unmagnetischem Nickelstahl hergestellt werden. Die Erklärung für die überraschende Erscheinung, daß beim Zusammenschmelzen zweier ferromagnetischer Substanzen eine unmagnetische entsteht, ist durch eine Art von Temperaturhysterese des magnetischen Umwandlungspunktes gegeben. Der letztere liegt bei einer Legierung mit 22% Nickel schon bei 500°, und, einmal unmagnetisch geworden, bleibt die Legierung auch unmagnetisch bei der Abkühlung bis zu tiefen Temperaturen, bis sie plötzlich wieder magnetisch wird; dieser Punkt kann jedoch durch geeignete Zusätze bis zur Temperatur der flüssigen Luft und noch weiter herabgesetzt werden. Hilpert und Colver-Glauert zeigten nun, daß die magnetischen Verhältnisse dieser Nickelstahllegierungen noch wesentlich verwickelter sind. Kühlt man nämlich einen bei 0° unmagnetischen Stab einer reinen 25 prozentigen Nickelstahllegierung immer weiter ab und bringt ihn dazwischen immer wieder rasch auf eine Temperatur von etwa 10°, bei der

seine Magnetisierbarkeit gemessen wird, so zeigt sich dieselbe mit abnehmender Temperatur immer stärker; nach der Abkühlung auf — 180° beträgt — immer für die Feldstärke H = 300 — die Induktion B etwa 11 000. Steigert man nun die Temperatur wieder, so nimmt die Magnetisierbarkeit nicht etwa wieder ab, sondern zu bis etwa 450° (B = 12 000), um dann bei noch höherer Erwärmung zu sinken und bei 700° vollständig zu verschwinden. Sodann beginnt eine neue Phase der Magnetisierbarkeit, welche bei 900° ein Maximum erreicht (B = 2000) und bei 1000° nahezu verschwunden ist; bei 1250° ist das dritte Maximum erreicht, das auch bei weiterer Erwärmung oder Abkühlung erhalten bleibt. Wir haben es also hier bei demselben Material mit einer ganzen Reihe von magnetischen Zuständen zu tun, deren Auftreten im wesentlichen nur vom Temperaturgang abhängt. Ähnliche, aber weniger ausgeprägte Erscheinungen zeigen nach Hilpert die niedrigen Nickelstahllegierungen, während die höheren mit über 25% Nickel (die sogenannten „reversibeln") durch die thermische Behandlung keine wesentlichen magnetischen Veränderungen zu erfahren scheinen.

Manganstahl verhält sich nach Hilpert und Matthesius ganz analog dem Nickelstahl; ein Zusatz von 5% Mangan zum Eisen ruft etwa dieselben magnetischen Eigenschaften hervor, wie ein solcher von 13% Nickel, während ein Zusatz von 12% Mangan ebenso wirkt, wie ein solcher von 25% Nickel.

Eine große technische Bedeutung haben in den letzten Jahren die Eisensilizium-Legierungen gewonnen, die von der Physikal.-Techn. Reichsanstalt zur Herstellung von Dynamoblech empfohlen wurden, und zwar hauptsächlich deshalb, weil nach den Versuchen von Barett, Brown und Hadfield diese Legierungen bei guter Magnetisierbarkeit ein sehr geringes elektrisches Leitvermögen besitzen, so daß man hoffen durfte, die bei Transformatoren und Dynamomaschinen auftretenden schädlichen Wirbelströme nahezu vollständig zu vermeiden. Diese Erwartung hat sich vollauf bestätigt, so daß im Transformatorenbau die sogenannten „legierten" Bleche trotz des wesentlich höheren Preises die gewöhnlichen nahezu vollständig verdrängt haben. Tatsächlich hat sich nun gezeigt, daß nicht nur der Wirbelstromverlust, sondern auch der Hystereseverlust bei diesen Blechen außerordentlich gering zu sein pflegt; der Grund hierfür war jedoch bis jetzt nicht ermittelt worden. Neuerdings konnte durch systematische Untersuchungen in der Reichsanstalt E. Gumlich[9]), unterstützt durch mikrographische Aufnahmen von P. Goerens in Aachen, nachweisen, daß die scheinbar günstige Wirkung des Siliziums auf die Magnetisierbarkeit des Eisens keine direkte, sondern eine indirekte ist, indem es den außerordentlich schädlichen Einfluß des Kohlenstoffs, der ja als Verunreinigung stets im Eisen zu finden ist und in erster Linie einen hohen Hystereseverlust hervorruft, neutralisiert; der Kohlenstoff wird nämlich beim Vorhandensein von mehreren Prozent Silizium beim Glühen der Bleche in Form der unschädlichen Temperkohle (Graphit) ausgeschieden.

Ganz ähnlich scheinen die Verhältnisse bei den von J. Liedgens[10]) untersuchten Eisen-Arsen-Legierungen (bis 3,5% Arsen) zu liegen, die in Blechform statisch und wattmetrisch gemessen wurden. Auf die ersteren, leider nur mit dem Köpselapparat durchgeführte Messungen ist bei deren relativ großer Unsicherheit nicht viel zu geben; dagegen geht aus den Messungen mit dem Epsteinschen Apparat eine Verringerung des Hysterese- und des Wirbelstromverlustes gegenüber reinem Eisen hervor. Die erzielte Verbesserung (V_{10} = 2,5; V_{15} = 5,5 im günstigsten Falle) ist jedoch wesentlich geringer, als bei den Siliziumlegierungen, so daß der Verf. selbst eine praktische Verwendung nicht für vorteilhaft hält.

Der Einfluß des Kohlenstoffs in seinen verschiedenen Formen (als Carbidkohle und Härtungskohle) auf die Magnetisierbarkeit des Eisens wurde im Verlauf der oben erwähnten Untersuchung von E. Gumlich[9]) genauer studiert, und zwar nicht nur die Wirkung desselben auf das weiche Eisen in Form der stes vorhandenen Verunreinigung, sondern auch die Wirkung größerer Kohlenstoffzusätze zur Herstellung permanenter Magnete. In ersterer Beziehung erwiesen sich schon Spuren, die chemisch kaum mehr nachweisbar waren, als außerordentlich schäd-

lich, wenn das Material rasch abgekühlt wurde. Die Verwendung der Kohlenstofflegierung (Stahl) zu permanenten Magneten erfordert umgekehrt gerade die rasche Abkühlung, und hier spielt die Abschrecktemperatur eine wichtige, praktisch schon vielfach berücksichtigte, aber bisher noch nicht aufgeklärte Rolle. Es hat sich nun ergeben, daß der Grund hierfür in der bekannten Tatsache zu suchen ist, daß das Lösungsvermögen des Eisens für den Kohlenstoff mit steigender Temperatur beträchtlich zunimmt. Mit steigendem Gehalt an gelöstem Kohlenstoff, der ja beim Abschrecken erhalten bleibt, wächst aber die Koerzitivkraft, während die Remanenz abnimmt. Man hat es somit je nach der Wahl der Abschrecktemperatur in der Hand, je nach Bedarf hohe Koerzitivkraft oder hohe Remanenz zu erzielen, nicht aber beides zugleich, was für die Herstellung permanenter Magnete ja besonders erwünscht wäre. Ob und inwieweit diese an reinen Kohlenstofflegierungen gewonnenen Resultate durch anderweitige, vielfach verwendete Zusätze wie Wolfram, Molybdän usw. modifiziert werden, soll einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Eine zur Orientierung wertvolle Zusammenstellung von Erfahrungstatsachen über die Herstellung und Behandlung permanenter Magnete gibt Silvanus P. Thompson[11]) in seinem Aufsatze: The Magnetism of Permanent Magnets, während James G. Gray und Alex. D. Roß[12]) (On the Magnetic Properties of a Variety of Special Steels) hauptsächlich aus theoretischen Gründen Versuche über die Magnetisierbarkeit verschieden zusammengesetzter und behandelter Spezialstähle bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft ausführten; es ergibt sich daraus, daß die Koerzitivkraft im allgemeinen bei tiefen Temperaturen beträchtlich höher ist, als bei Zimmertemperatur, die Remanenz bald niedriger, bald höher.

Die Abhängigkeit der Sättigungswerte von Heuslerschen Legierungen mit 18—22% Mangan und 15—16% Aluminium bei verschiedenen Temperaturen über den Umwandlungspunkt hinaus untersuchte Gúmaer[13]) nach der Weißschen Methode mit kleinen Ellipsoiden. Die Magnetisierungsintensität bei gewöhnlicher Temperatur war etwa von der Größenordnung 270 und sank bis zu 200° C. langsam, von da ab immer rascher bis zu dem bei etwa 316° liegenden Umwandlungspunkt. Durch Abschrecken bei etwa 900° stieg die Magnetisierungsintensität bei Zimmertemperatur bis auf etwa 380. Im zweiten Teile seiner Abhandlung leitet der Verf. die Langevin-Weißschen Formeln in einfacher und übersichtlicher Weise nochmals ab und wendet sie auf die untersuchten Heuslerschen Legierungen an; die Übereinstimmung ist jedoch nicht durchweg befriedigend.

Die ferromagnetischen Eigenschaften der Heuslerschen Legierungen erregten bei ihrer Entdeckung hauptsächlich deshalb so großes Aufsehen, weil alle die Teile, aus welchen die Legierungen bestanden, Kupfer, Aluminium, Mangan, Zinn usw. nur als para- bzw. diamagnetisch bekannt waren. Tatsächlich scheint aber nach den neuesten Untersuchungen von Weiß und Kamerlingh Onnes[14]) auch das Mangan allein in einer ferromagnetischen Modifikation zu existieren. Die Verf. preßten nämlich außerordentlich reines Manganpulver in einer Glasform zu Stäbchen und schmolzen es auch in einem Magnesiaschiffchen unter Wasserstoffatmosphäre in einem elektrischen Ofen; in der ersteren Form erwies sich das Material als paramagnetisch, in der letzteren dagegen als ferromagnetisch. Der Maximalwert der spezifischen Magnetisierung betrug etwa den hundertsten Teil von demjenigen des reinen Eisens, die Koerzitivkraft dagegen 670 Gauß, d. h. etwa 10 mal so viel, als gehärteter Stahl.

Besonderes Interesse erregt auch eine von E. Wedekind[15]) hergestellte und untersuchte Legierung, die er beim Zusammenschmelzen von Bleioxyd, Kupferoxyd und Eisenoxyd erhielt. Diese wird durch bestimmte thermische Prozesse etwa halb so stark magnetisierbar, als metallisches Eisen, während ihr elektrischer Widerstand etwa 10^{10} mal so groß ist, als derjenige des Eisens, so daß es eventuell für Hochfrequenzmaschinen, wo die Wirbelströme eine so außerordentliche Rolle spielen, von großer Bedeutung werden könnte. Hierfür sprechen

auch die Versuche, welche einerseits von Alexanderson[16]) und anderseits von Faßbender und Hupka[17]) über die magnetischen Eigenschaften des Eisens bei Hochfrequenz ausgeführt wurden.

Der Magnetisierungskreis von Alexanderson war zusammengesetzt aus der Magnetisierungsprobe, einem mit Magnetisierungswicklung versehenen Ring aus mehreren Lagen dünnen Eiesnbandes von 0,076 mm Dicke, variabeler Selbstinduktion und Kapazität, Strom- und Spannungsmesser vom Hitzdrahttypus. Das Verhältnis der Kapazität zur Selbstinduktion wurde so lang geändert, bis die zugeführte Leistung in Voltampere für einen konstanten, die Versuchsspule durchfließenden Strom ein Minimum wurde, dann ist der Strom ein reiner Wattstrom. Dadurch, daß man den Generator noch mit einem veränderlichen Kondensator in Reihe schaltete, der für irgendeine gegebene Felderregung auf maximale Stromstärke eingestellt wurde, beseitigte man die höheren Harmonischen und erhielt für den Meßstromkreis eine verhältnismäßig reine Sinuswelle. Daß dann aber die Spannungskurve wegen der Eisenhysterese keine Sinusform mehr haben kann, scheint der Verf. nicht berücksichtigt zu haben; es ist also fraglich, ob bei den durch Messung von Strom und Spannung an den Enden der Probespule gewonnenen Werten für Feldstärke (AW/cm) und Maximalinduktion der letztere Wert einigermaßen einwandfrei ist.

Immerhin geben die mitgeteilten Werte ein anschauliches und qualitativ jedenfalls brauchbares Bild von der Abhängigkeit der trotz des Skineffekts erreichten Maximalinduktion und des Eisenverlustes von der Wechselzahl. Der Verf. kommt zu dem Schluß, daß Eisen selbst bei 200 000 Per./sec dem magnetisierenden Felde folgt, und daß die Permeabilität wahrscheinlich noch dieselbe ist, wie bei niedrigen Frequenzen, daß die Oberflächenwirkung (Skineffekt) bei nur 0,08 mm Blechdicke groß genug ist, um eine höhere Induktion als 1200 nicht zustande kommen zu lassen, daß aber gleichwohl die Verwendung von Eisen zu Hochfrequenzkreisen vorteilhaft ist.

Faßbender und Hupka gehen darauf aus, auch im Hochfrequenzkreise die bei niedrigen Frequenzen üblichen Aufnahmen zueinander gehöriger Strom- und Spannungskurven zu ermöglichen, aus denen sich dann die Hystereseschleife konstruieren läßt. Die notwendigen Schwingungen liefert der Poulsen-Bogen; als Kurvenindikator dient wegen der Trägheit der mechanischen Oszillographen die Braunsche Röhre. Die Stromkurve wird auch hier mit Hilfe von Selbstinduktion und Kapazität sinusförmig gemacht.

Die zur Aufnahme der Stromspannungskurven bestimmte Braunsche Röhre ist zur Erzielung geeigneter elektrostatischer Felder mit zwei senkrecht zueinander orientierten Plattenpaaren versehen; das eine ist verbunden mit den Enden der den Probering umgebenden Magnetisierungswicklung, das von ihm hervorgerufene Feld ist also proportional der Spannung, das andere ist verbunden mit der Selbstinduktionsspule, die, wie der Strom, ein sinusförmiges, aber gegen diesen um 90° verschobenes Feld liefert. Unter der gleichzeitigen Wirkung beider Plattenpaare beschreibt der Kathodenstrahl der Braunschen Röhre eine Art von Lissajouscher Figur, die photographisch fixiert und in bekannter Weise zur Konstruktion der Spannungskurve verwendet wird. Diese in Verbindung mit der Stromkurve kann dann unter Berücksichtigung der besonders gemessenen Effektivwerte von Strom und Spannung zur Konstruktion der Hystereseschleife dienen.

Diese zeigt, wie aus einem Beispiel hervorgeht, keine Spitzen, sondern, infolge der Wirbelströme, welche sich bei so hohen Schwingungen (ca. 100 000 pro Sek.) auch in dem stark unterteiltem Material geltend machen, abgerundete Ecken; ihr Flächeninhalt entspricht dem Hysterese- plus Wirbelstromverlust. Die außerordentlich wichtige, aber wegen des Skineffekts schwierige Aufgabe der Trennung beider Verlustarten haben die Verf. noch nicht durchgeführt.

Leichter, doch infolge der zunehmenden Ansprüche an die Genauigkeit auch nicht ganz einfach sind die Messungen der Verluste bei den langsamen, technisch üblichen Periodenzahlen, bei denen bekanntlich meist der Epsteinsche Apparat

verwendet wird. Einige Fehlerquellen desselben, nämlich den Einfluß der Breite des Luftspalts, der Länge und des Querschnitts von Primär- und Sekundärwicklung hat K. Schmiedel[18]) durch systematisch in der Reichsanstalt ausgeführte Messungen studiert und kommt zu folgenden Resultaten: Kleine Stoßfugen bis etwa 0,3 mm Breite verursachen keine Fehler, wohl aber treten beim Fehlen von Trennungsschichten namentlich bei sehr glatten Trennungsflächen infolge der Wirbelströme erheblich vergrößerte Verluste auf. Die Art der Anordnung der zur Hälfte parallel, zur Hälfte senkrecht zur Walzrichtung geschnittenen Blechstreifen in den einzelnen Bündeln beeinflußt die Verlustziffer nur wenig, ebenso diejenige der Sekundärspule, dagegen geben die Abmessungen der Primärspule zu größeren Fehlern Veranlassung (längere Primärspulen geben größere Verluste als kurze).

Wie groß die Übereinstimmung der Versuchsergebnisse bei Verwendung des Epsteinschen und ähnlicher, in England und Amerika gebräuchlicher Apparate sein würde, sollte eine vergleichende Bestimmung der Verlustziffer und des Hystereseverlustes von fünf Eisenblechproben durch das National Physical Laboratory, das Bureau of Standards und die Physikal. Techn. Reichsanstalt in Charlottenburg erweisen. Es ergab sich[19]), daß die größte Abweichung in der Verlustziffer V_{10} : 2,8%, in dem Hystereseverlust 3,3% betrug, ein in Anbetracht der zahlreichen Fehlerquellen recht befriedigendes Resultat.

Die Anforderungen der Elektrotechnik an die Güte der Dynamo- und Transformatorbleche sind andauernd erheblich gestiegen. Sollen die Fabrikanten diesen Anforderungen genügen, so müssen sie in der Lage sein, durch zuverlässige und einfache Meßmethoden die Magnetisierbarkeit und die Verlustziffern zu bestimmen. Die Firma Siemens & Halske, Wernerwerk, ist diesem dringenden Bedürfnis der Technik durch Herstellung eines von van Lonkhuyzen[20]) konstruierten Apparates entgegengekommen, der mit außerordentlicher Bequemlichkeit in der Handhabung auch eine für die Technik jedenfalls ausreichende Meßgenauigkeit verbindet. Er besteht aus zwei ganz identisch gebauten, mit Primär- und Sekundärwicklung versehenen Epsteinapparaten, die bei der Messung der Magnetisierbarkeit hintereinander in einen Gleichstromkreis, bei der Verlustbestimmung nebeneinander in den Wechselstromkreis eingeschaltet werden. Das hierzu notwendige Umsetzen eines Steckkontakts genügt auch, die zur Induktionsmessung hintereinander geschalteten 5 Lagen der Magnetisierungswicklung parallel zu schalten. Der eine Apparat nimmt die zu untersuchende Probe auf, der andere eine geeichte Normalprobe ähnlicher Qualität; beide haben gleiche Querschnitte. Bei der Messung der Magnetisierbarkeit sind die Sekundärspulen über Vorschaltwiderstände in entgegengesetzter Richtung mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden. Dies wird beim Kommutieren des Magnetisierungsstroms in Ruhe bleiben, wenn das Verhältnis der Vorschaltwiderstände W dem der Induktionen B entspricht, es ist also $B_x = W_x \,.\, B_n/W_n$; da nun W_n so gewählt wird, daß es numerisch gleich B_n ist, so folgt $B_x = W_x$. In ganz entsprechender Weise ist die Verlustmessung eingerichtet, nur tritt hier an Stelle des Galvanometers ein Differentialwattmeter. Der betr. Arbeiter hat also nur den einen Widerstand nach Vorschrift einzustellen und den anderen so lange zu regulieren, bis das Zeigerinstrument keinen Ausschlag mehr gibt; der abgelesene Widerstand gibt dann direkt den Wert der Induktion bzw. des Wattverlusts an.

Diese wie auch eine ähnliche, aber weniger einfache und genaue, von Angermann[21]) angegebene Methode setzt das Vorhandensein einer Anzahl genau bekannter Normalproben verschiedener Qualität voraus, denn die Vergleichung wird um so einwandfreier, je genauer die magnetischen Eigenschaften beider zu vergleichender Proben übereinstimmen. Solche Normalproben werden von der Reichsanstalt untersucht, und zwar wattmetrisch nach der bekannten Epsteinschen Methode, statisch mit einem von Gumlich und Rogowski[22]) angegebenen Apparat, dessen Herstellung die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin, Brunnenstraße übernommen hat. Die Magnetisierungswicklung entspricht der bekannten des

Epsteinschen Apparats. In der Mitte der Bündel, also an nahezu streuungsfreier Stelle, wird sowohl die Induktion durch je eine um die Bündel gelegte und mit dem ballistischen Galvanometer verbundene Sekundärspule gemessen, als auch die zugehörige Feldstärke. Zu diesem Zweck sind rings um jedes Bündel herum, parallel zum Eisen, und innerhalb der Primärspule je vier schmale Spulen angeordnet, mit welchen die Anzahl der dort pro qcm verlaufenden magnetischen Kraftlinien gemessen werden kann, und diese entsprechen nach dem Gesetz vom stetigen Übergang der Tangentialkomponente der Feldstärke auch der Feldstärke im Inneren des Eisens. Die Methode ist mit hinreichender Genauigkeit von etwa 5 AW/cm aufwärts brauchbar und übertrifft von 10 AW/cm ab jedenfalls auch die gewöhnlichen Jochmessungen an Genauigkeit.

Bei der Bestimmung der Permeabilität ist die Messung der Induktion durch umgelegte Sekundärspulen im allgemeinen einfach und genau, schwierig dagegen ist die Bestimmung der zugehörigen Feldstärke; hierfür geben W. Rogowski und W. Steinhaus[23]) ein relativ einfaches und vielversprechendes Verfahren an. Es beruht auf dem Satz, daß das Linienintegral der magnetischen Feldstärke Null oder $4\pi n i$ ist, je nachdem der Integrationsweg keine oder $n i$ Amperewindungen umschließt. Realisieren läßt sich diese Methode mit Hilfe einer schmalen biegsamen Spule von gleichmäßiger Windungszahl und gleichmäßigem Querschnitt, die mit dem ballistischen Galvanometer verbunden ist. Die Spule wird entweder aus dem zu messenden Feld herausgezogen oder das Feld wird kommutiert. Der erhaltene Galvanometerausschlag entspricht dann entweder direkt dem zu messenden Felde, falls der Spannungsmesser keine Magnetisierungswindungen mit umschließt, oder, wenn dies der Fall ist, der Differenz zwischen dem scheinbaren, durch die Zahl der Amperewindungen gegebenen, und dem wahren Feld, also der sogenannten Scherung. Der letztere Betrag verschwindet, wenn man den Spannungsmesser um eine Anzahl stromdurchflossener Drähte kreisförmig zusammenschließt, und man hat damit ein einfaches Mittel, den Spannungsmesser direkt auf Amperewindungen zu eichen.

Die bisher mit dem neuen Verfahren in der Reichsanstalt ausgeführten vorläufigen Versuche ergaben günstige Resultate; sie sollen fortgesetzt werden. Die Methode wird voraussichtlich u. a. besonders gute Dienste leisten zur Messung der für irgendeinen Teil des magnetischen Kreises einer Dynamomaschine usw. aufgewendeten Amperewindungszahl, zur Messung von Wechselstromspannungen usw.

[1]) Williams, Phys. Rev. Vol. 34, p. 40—7, 258—67; Vol. 35, p. 282—7; 399—400. — [2]) P. Weiß, Verh. d. Phys. Gesellschaft. 1911, p. 718 u. a. — [3]) Preuß, Diss. Zürich 1912. — [4]) Block, Vierteljahrschrift der Naturforsch. Gesellsch. Zürich, 56. Bd., p. 415—78. — [5]) Hilpert und Colver-Glauert, Transact. of the Faraday Soc. Vol. 8, p. 41—55. — [6]) Matthesius, Diss. Berlin. 1911 und S. Hilpert und W. Matthesius, Z. Elektrochemie. Bd. 18, p. 54—64. — [9]) E. Gumlich, Transact. Faraday Soc., Vol. 8, p. 5—21; Ferrum. 10. Bd., p. 33—44. — [10]) Liedgens, Diss. Techn. Hochsch. Berlin; im Auszug: Stahl u. Eisen. 1912, p. 2109—2215. — [11]) Thompson, Electrician. (Ldn.) Vol. 69, p. 452—3. — [12]) Gray and Roß, Transact. Faraday Soc. Vol. 8, 1912, p. 22—40. — [13]) Gumaer, Phys. Rev. Vol. 35, p. 288—305. — [14]) Weiß und Kamerlingh Onnes, Transact. Faraday Soc. Vol. 8, p. 64—6. — [15]) Wedekind, Transact. Faraday Soc. Vol. 8, p. 67—75. — [16]) Alexanderson, El. Z. 1912, p. 1078—81. — [17]) Faßbender und Hupka, JB. drahtl. Telegr. 6. Bd., p. 133—146. — [18]) Schmiedel, El. Z. 1912, p. 370—74. — [19]) E. Gumlich, El. Z. 1912, p. 555. — [20]) Van Lonkhuyzen, El. Z. 1911, p. 1131—4 und 1912, p. 531—4. — [21]) Angermann, El. Z. 1912, p. 231—3. — [22]) E. Gumlich und W. Rogowski, El. Z. 1912, p. 262—6. — [23]) Rogowski und Steinhaus, Arch. El. 1. Jg., p. 141—50.

XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. Berth. Monasch, Leipzig.

In Frühjahr 1912 erschien das Lehrbuch der Photometrie von Uppenborn und Monasch, welches das gesamte Gebiet der Lichtmessung an beleuchtungstechnisch verwendeten Lichtquellen behandelt. Die Meßmethoden, Apparate und Vorschriften wurden eingehend beschrieben und erläutert.

Nutting [1]) berichtet über eine neue Lichteinheit. Er schlägt vor als primäre Einheit des Lichts eine mit Heliumgas angefüllte Kapillarröhre zu verwenden, welche durch elektrische Entladung zum Leuchten gebracht wird. Der Vorschlag ist in den letzten 6 Jahren im Bureau of Standards bearbeitet worden. Am besten hat sich eine Kapillarröhre von 2 mm lichten Durchmesser, 2 mm Wandstärke und 70 mm Länge bewährt. Aluminiumelektroden waren in angeblasenen Kugeln angebracht. Von 10 bis 35 Milliampere besteht gute Proportionalität zwischen Stromstärke und Lichtstärke, letztere sowohl photometrisch als auch spektralphotometrisch nach sechs Linien aufgenommen. Vom Wert der Erregerspannung und der Frequenz ist die Lichtemmission unabhängig. Schwankungen in der Gasdichte von 3 bis 8 mm Druck haben keinen Einfluß. Die Reprozierbarkeit wurde an 40 Rohren durch Bestimmung der mittleren horizontalen Lichtstärke pro cm Länge geprüft. Die Abweichungen betrugen maximal 3 % oder bezogen auf den Mittelwert 1,15 %, bei einem wahrscheinlichen Meßfehler von 0,16 %. Bei den Hefnerlampen darf nach den Prüfungsbestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bekanntlich die Lichtstärke von ihrem Sollwert um nicht mehr als 2 % abweichen.

Dow und Mackinney [2]) geben einen Hilfsapparat zur Aufnahme der Polarkurve der Lichtausstrahlung einer als punktförmig angenommenen Lichtquelle an. Der Apparat ist in nebenstehender Abb. 16 dargestellt. Die zu untersuchende Lampe hängt an einer verstellbaren Stange. Die Stange läßt sich auch entfernen, wenn sehr lichtstarke Lichtquellen untersucht werden sollen. Der Lichtschwerpunkt der Lampe muß in der Höhe des Mittelpunktes des links erkennbaren Polarkoordinatenblattes liegen. Der schrägstehende Stab ist drehbar und trägt eine auf seiner Längsrichtung senkrecht stehende Normal-Zelluloidfläche, deren Entfernung von der zu prüfenden Lampe eingestellt werden kann. Die Abbildung zeigt an Stelle dieser Fläche einen drehbaren Winkelspiegel, der benutzt wird, wenn die Entfernung zwischen Lampe und beleuchteter Fläche vergrößert werden soll; in diesem Fall braucht man auch den hinter der Lampe sichtbaren runden Schirm. Ein drehbarer Arm mit Zeiger gibt auf dem Koordinatenblatt den Winkel gegen die Senkrechte an, unter dem gemessen wird. Bei der Prüfung wird derart verfahren, daß zunächst eine Lichtquelle aufgehängt wird, deren Lichtstärke in einer Richtung bekannt ist. Die Normalfläche wird durch ein Holophane Lumeter beobachtet und ihre Entfernung von der Lichtquelle wird so lange geändert, bis die Ablesung auf dem Meßinstrument ein bequemer Bruchteil der bekannten Lichtstärke in der betreffenden Richtung ist. Dann wird die zu untersuchende Lampe an die Stelle der bekannten Lampe gebracht. Der Arm wird gedreht, die Beleuchtung der Normalfläche in jeder Stellung abgelesen und die entsprechende Lichtstärke wird auf dem Polarkoordinatenpapier jeweils an der Stelle vermerkt, an welcher der Zeiger steht. Auf diese Weise entsteht die Polarkurve während des Versuches selbst und es bedarf keiner nachträglichen Rechnung zu ihrer Ermittlung. Der Apparat kann, da er leicht ist, bequem von Raum zu Raum verstellt

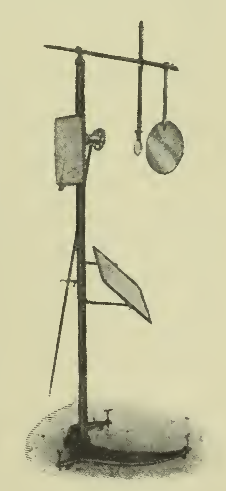


Abb. 16

werden; hierin liegt sein Vorteil gegenüber den Apparaten mit schweren Spiegeln.

[1]) Nutting, Electrician (Ldn.), Vol. 68, p. 811. — [2]) Dow und Mackinney, Electrican (Ldn.), Vol. 69, p. 691.

XVI. Elektrochemie.

Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg.

Theorie. Allgemeines. Im Jahre 1912 sind die theoretischen Grundlagen der Elektrochemie, nämlich die Arrhenius'sche Ionentheorie und die Nernst'sche osmotische Theorie des Potentials, im wesentlichen unverändert geblieben. Freilich hat sich allmählich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß die Ionen meist nicht so einfache Gebilde sind, wie man ursprünglich annahm, sondern mit mehr oder weniger Molekülen des Lösungsmittels verbunden sind. Auch die elektrolytischen Vorgänge an den Elektroden scheinen, wie aus den oszillographischen Messungen hervorgeht, nicht einfach im Austausch elektrischer Ladungen zu bestehen, sondern oft eine Folge mehrerer Wandlungen zu sein.

Leitvermögen wässriger Lösungen: Harry C. Jones [1]) und seine Mitarbeiter haben in jahrelanger Arbeit die Leitfähigkeit und ihren Temperaturkoeffizienten für zahlreiche Salze, darunter viele Doppelsalze, neu bestimmt. Es bestätigt sich die von Jones aufgestellte Regel, daß Salze von großem Wasserverbindungsvermögen (z. B. $CaCl_2 + 6\ H_2O$) auch einen großen Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit aufweisen. Jones nimmt an, daß die Kationen dieser Salze auch in der Lösung mit vielen Wassermolekülen verbunden sind, welche mit steigender Temperatur nach und nach abgetrennt werden, wodurch das Ion kleiner und beweglicher wird; daher wächst bei diesen Salzen das Leitvermögen mit der Temperatur viel rascher, als bei denen, die wenig Wasser binden. Mit der Verdünnung wird die „Hydratation" (das Wasserbindungsvermögen) größer, entsprechend steigt der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit mit der Verdünnung.

Leitvermögen nichtwässriger Lösungen. Um die Untersuchung nichtwässriger Lösungen hat sich neben dem Italiener Carrara P. Walden in Riga besonders verdient gemacht. In seiner neuesten Veröffentlichung [2]) begrenzt Walden die Regel, daß die Leitfähigkeit eines Elektrolyts in verschiedenen Lösungsmitteln umgekehrt proportional der inneren Reibung ist $\Lambda_\infty \eta_\infty$ = konst.) dahin, daß diese Gesetzmäßigkeit für Lösungsmittel mit großem Assoziationsfaktor bzw. großer Dielektrizitätskonstante nicht gilt, eine Ausnahme, welche auch durch die Theorie gefordert wird.

Leitvermögen geschmolzener Salze. Vor einigen Jahren ist durch K. Arndt und durch Richard Lorenz das Leitvermögen vieler geschmolzener Salze festgelegt worden. Merkwürdigerweise sind in der neuesten, soeben erschienenen Auflage der bekannten Landolt-Börnsteinschen Tabellen diese Messungen garnicht berücksichtigt, sondern veraltete, zum großen Teil als falsch erwiesene Zahlen wiedergebracht worden. Von neuen Messungen sind die überaus sorgfältigen Bestimmungen zu erwähnen, die A. H. W. Aten [3]) an geschmolzenem Kaliumnitrat zwischen 340° und 500° ausgeführt hat; er fand die spezifische Leitfähigkeit $\varkappa$ (in reziproken Ohm für den ccm-Würfel) z. B. bei 400° zu 0,8211 und bei 500° zu 1,1078. Das geschmolzene Kaliumnitrat leitet also bei 500° etwa doppelt so gut wie Akkumulatorensäure. Das Leitvermögen des geschmolzenen Karnallits, des Doppelsalzes Chlormagnesium-Chlorkalium, durch dessen Schmelzelektrolyse das Magnesiummetall gewonnen wird, ist von K. Arndt und H. H. Kunze[4]) bestimmt worden. Für 650° ist $\varkappa$ = 1,08; ein Überschuß an Chlorkalium erhöht die Leitfähigkeit.

Leitvermögen fester Substanzen: Feste Salze leiten im allgemeinen auch dicht unter ihrem Schmelzpunkte den elektrischen Strom ungemein schlecht. Eine merkwürdige Ausnahme bildet Jodsilber, dessen Leitfähigkeit beim Erstarren im Gegenteil zunimmt, und selbst bei 150° (400° unter seinem Schmelzpunkte noch 1,33 beträgt, wie C. Tubandt [5]) festgestellt hat. Erst durch die bei 145° eintretende Umwandlung des regulären in das hexagonale Jodsilber sinkt die Leitfähigkeit auf einen so kleinen Wert, wie er bei festen Salzen üblich ist. Das Jodsilber nimmt allerdings auch insofern eine Sonderstellung ein, als seine dem regulären System angehörenden Kristalle weich wie Wachs sind. Immerhin beweist dieser Sonderfall, daß auch feste kristallinische Salze weitgehend in Ionen gespalten sein können; denn ohne starke elektrolytische Dissoziation wäre die gute Leitfähigkeit nicht möglich. Die schlechte Leitfähigkeit anderer fester Salze wäre durch die geringe Beweglichkeit ihrer Ionen zwanglos zu erklären. In den weichen Jodsilberkristallen ist das Silberion auffallend leicht beweglich; die Jodionen wandern hier nicht merklich, wie O. Lehmann gezeigt hat.

Elektrodenpotentiale. Um die Angaben über Elektrodenpotentiale einheitlich zu gestalten, sollen künftig die Konzentrationen in Gramm-Formelgewichten auf das Liter angegeben werden. Als Nullpotential soll das Potential gelten, welches eine Wasserstoffelektrode in einer an Wasserstoffionen normalen Lösung besitzt, und zwar unter einem Wasserstoffpartialdruck von 1 Atmosphäre bei gleicher Temperatur wie die untersuchte Elektrode. Das darauf bezogene Potential soll das Vorzeichen + erhalten, wenn die Elektrode gegenüber der Wasserstoffelektrode positiv geladen ist. Dieser Beschluß der „Potentialkommission" (Z. f. Elektrochemie, 18. Bd., p. 13—18) wird hoffentlich allgemein befolgt werden, damit endlich die vielen Unklarheiten über den Sinn von Potentialangaben aufhören. Auf den oben festgesetzten Nullpunkt bezogen, hat nach den besten bisherigen Messungen die in der Laboratoriumspraxis viel benutzte Zehntelnormalkalomelelektrode das Potential + 0,337.

Als „Normalpotential" wird das Potential einer Elektrode bezeichnet, welches sie in einer Lösung annimmt, die in bezug auf die betreffenden Ionen die Konzentration 1 besitzt. Das Normalpotential des metallischen Kaliums ist z. B. wie Lewis und Keyes[6]) auf dem Umwege über das Kaliumamalgam ermittelten, gegen eine an Kaliumion normale Lösung bei 25° — 3,21 Volt. Interessant sind auch die Potentialmessungen, die N. Isgarischew[7]) in Methylalkohol als Lösungsmittel anstellte. Er fand für Silber und Kupfer fast genau dieselben Normalpotentiale wie in wässriger Lösung, für die unedlen Metalle Kadmium und Zink dagegen das methylalkoholische Potential um etwa 0,15 Volt edler.

Elektromotorische Kraft: Die EMK einer Kette ist ein Maß der „freien Energie", welche durch den stromliefernden chemischen Prozeß bei Umwandlung von 1 Grammäquivalent geliefert wird. Da die Anwendung des von Nernst vor einiger Zeit aufgestellten Wärmetheorems

$$\frac{dA}{dT} = \lim \frac{dU}{dT} = o \text{ für } T = o$$

die Kenntnis der freien Energie benötigt, so sind auch im letzten Jahre von Nernsts Schülern verschiedene passend zusammengesetzte Ketten gemessen worden, um die freie Energie und mit Hilfe des Temperaturkoeffizienten der EMK die Wärmetönung für bestimmte chemische Umsetzungen möglichst genau zu bestimmen. Z. B. hat U. Fischer die EMK einer aus Jod und Silber mit Jodkaliumlösung als Elektrolyt und festem Jodkalium als Depolarisator zusammengesetzten Kette gemessen und sie zu 0,6916 + 0,000305 t Volt gefunden, wenn die Jodkaliumlösung $^1/_{10}$ normal war. Daraus läßt sich dann die Wärmetönung für die Jodsilberbildung berechnen und die erhaltene Zahl mit den anderweit ermittelten Werten vergleichen.

Polarisation. Die in der Einleitung angedeuteten Untersuchungen von D. Reichinstein über die an den Elektroden bei der Elektrolyse stattfinden-

den Vorgänge sind von diesem Forscher auf die Polarisation von Kupferelektroden in Kupfersulfatlösung ausgedehnt worden. Ein Strom, der zwischen Kupferblechen in Kupfersulfatlösung übergeht, löst von der Anode Kupfer auf und lagert ebensoviel Kupfer an der Kathode wieder ab. Da die Elektroden und das Elektrolyt also nicht verändert werden, sollte man eigentlich annehmen, daß man hier das Musterbeispiel unpolarisierbarer Elektroden hätte; höchstens könnte bei größerer Stromstärke eine elektromotorische Gegenkraft dadurch auftreten, daß an der Kathode die Lösung verdünnter und an der Anode konzentrierter wird, weil die Diffusion diesen durch die Wanderung der Kupferionen entstehenden Unterschied nicht rasch genug ausgleicht. Reichinstein fand aber, daß tatsächlich eine erhebliche Polarisation eintritt, welche sich durch Konzentrationsunterschiede nicht erklären läßt, und zwar war diese Polarisation sowohl an der Anode, wie an der Kathode um so größer, je schwächer sauer die Flüssigkeit war, d. h. je weniger Wasserstoffionen sie enthielt. Würde die Stromstärke so geregelt, daß die Polarisationsspannung konstant blieb, so ergab sich zwischen Stromdichte I und Säuregehalt c die Gleichung

$$I = a \cdot c + b,$$

worin a und b Konstante sind. Zur Erklärung dieser Gleichung nimmt Reichinstein an, daß an den Elektroden zwei verschiedene Vorgänge stattfinden, von denen der eine durch Wasserstoffionen katalytisch beschleunigt wird.

Die alte Streitfrage, worauf das Passivwerden eines Metalles beruht, ist auch 1912 von verschiedenen Seiten experimentell behandelt worden. Das bekannteste Beispiel ist das Eisen, welches sich im allgemeinen als unedles Metall in Säuren und Laugen löst, unter bestimmten Bedingungen aber, z. B. bei genügend starker anodischer Polarisation, „passiv" wird, d. h. sich wie ein edles Metall verhält. Während ein Teil der Forscher an der alten Anschauung festhält, daß eine Oxydschicht — sie kann äußerst dünn und deshalb unsichtbar sein — die Ursache der Passivität ist, nimmt F. Förster an, daß das Eisen an und für sich passiv ist und erst durch Wasserstoff aktiviert wird. Gegen diese Hypothese von Förster sprechen die Versuche von Fr. Flade und Hans Koch[9]). Sie glühten Eisendraht, der durch Behandeln mit Wasserstoff aktiv geworden war, im luftleeren Raume auf das sorgfältigste aus und fanden, daß der Draht aktiv geblieben war, trotzdem er allen Wasserstoff abgegeben hatte. Andere Beiträge zur Passivitätstheorie hat G. Grube[10]) geliefert. Er hat in Ferro-Ferricyankaliumlösung die Potentiale von zahlreichen Metallen gemessen; er sieht die Ursache der Passivität in einer Sauerstoffbeladung der Elektrode und in einer sich auf ihr ausbildenden Deckschicht, welche den Zutritt des passivierenden Sauerstoffes erschwert, so daß eine Eisenanode in alkalischer Lösung dauernd ein wenig aktiv bleiben kann.

Auf dem Standpunkte von Förster steht wieder Alfred Adler[11]), der den merkwürdigen periodischen Wechsel zwischen aktivem und passivem Zustande, den Eisen und Chrom unter bestimmten Bedingungen zeigen, näher untersucht hat. Er sieht die Ursache davon in dem periodischen Auftreten und Verschwinden von Wasserstoff. Chrom zeigt nur dann die zuerst von Hittorf beobachteten Schwingungen zwischen den beiden Zuständen, wenn es mehr als 1% Eisen enthält. Auch bei Kupfer und Nickel konnte Adler durch Eisenzusatz jene Schwingungen hervorrufen. In diesen Fällen bilden sich nach seiner Ansicht Lokalströme zwischen dem Eisen und dem edleren Metall, welches nun durch den an ihm (als Kathode des Lokalstromes) entwickelten Wasserstoff vorübergehend aktiviert wird. Durch Erwärmen werden die Schwingungen beschleunigt, bei weiterer Temperatursteigerung wird das Eisen bleibend aktiv. Wl. Kistiakowski[12]) hat schließlich gefunden, daß man durch mechanische Bewegung ein durch Berühren mit Magnesiumdraht aktiv gemachtes Chromstück wieder passiv machen kann. Er nimmt an, daß eine an der Oberfläche des Metalles lose haftende Flüssigkeitsschicht, welche es aktiv macht, durch die mechanische Erschütterung entfernt wird.

Die Polarisierbarkeit fester Elektrolyte ist von F. Haber und J. Zawadski[13]) in der Weise untersucht worden, daß sie Silbersalze in einer Pastillenpresse mit Elektroden aus Silber oder Platin zusammenpreßten. Durch die so erhaltenen Systeme wurde einige Zeit Strom gesandt und dann die Polarisation gemessen. Tatsächlich wurde bei Zimmertemperatur eine merkliche, bei tiefer Temperatur eine sehr bedeutende Polarisationsspannung gemessen, z. B. für Silbersulfat bei — 80° über 1,2 Volt. Die Polarisation sitzt an der Anode und zwar wird sie nach Ansicht der Verfasser dadurch verursacht, daß die chemische Umsetzung zwischen dem an der Anode freigewordenen Halogen (oder Persulfat) und dem metallischen Silber, welche auf die Elektronenentladung folgt, besonders bei tiefer Temperatur langsam verläuft.

Die elektrolytische Ventilwirkung ist von Günther Schulze[14]) auch in geschmolzenen Salzen untersucht worden. Er hat die bekannte Erscheinung, daß z. B. eine Aluminiumelektrode in einer wässrigen Natriumphosphatlösung den Strom nur dann leicht durchläßt, wenn sie Kathode ist, aber als Anode ihm einen sehr hohen Widerstand entgegensetzt, diese sog. „Ventilwirkung", früher schon an verschiedenen Metallen in verschiedenen Lösungen erforscht und dabei einige allgemeine Gesetzmäßigkeiten gefunden. Er zeigt nun, daß diese Gesetzmäßigkeiten teilweise auch für geschmolzene Salze als Elektrolyte gelten. Die wirksame Schicht, welche auf der Anode dem Strom den Weg verlegt, ist um so dicker und ihre Kapazität um so kleiner, je höher der Schmelzpunkt des betreffenden Salzes liegt. Durch Extrapolation ergibt sich, daß oberhalb 510° keine Ventilwirkung mehr auftritt.

[1]) H. C. Jones, Am. Chem. Jl., Vol. 46, p. 240—78, 368—413. — [2]) Walden, Z. phys. Chem., 78. Bd., p. 257—83. — [3]) Aten, Z. phys. Chem., 78. Bd., p. 1—23. — [4]) Arndt u. Kunze, Z. Elchemie., 18. Bd., p. 994—8. — [5]) Tubandt, Nernst-Festschrift, Halle 1912, p. 446—58. — [6]) Lewis u. Keyes, Jl. Am. Chem. Soc., Vol. 34, p. 119—12. — [7]) Isgarischew, Z. Elchemie., 18. Bd., p. 568—73. — [8]) Reichenstein, Z. Elchemie., 18. Bd., p. 850—64. — [9]) Flade und Koch, Z. Elchemie., 18. Bd., p. 335—8. — [10]) Grube, Z. Elchemie., 18. Bd., p. 189—211. — [11]) Adler, Z. phys. Chem., 80. Bd., p. 385—411. — [12]) Kistiakowski, Nernst-Festschrift, Halle 1912, p. 215—6. — [13]) Zawadski, Z. phys. Chem., 78. Bd., p. 228—43. — [14]) Günther Schulze, Z. Elchemie., 78. Bd., p. 22—9.

XVII. Elektrophysik.

Elektrophysik. Von Dr. E. Oettinger und Dr. W. Block, Charlottenburg. — Elektrische Eigenschaften des lebenden Körpers. Elektromedizin. Von Dr. Ad. Schnée, Frankfurt a. Main.

Elektrophysik.

Elektrodynamik, Maxwellsche Theorie. Die einschneidenste Erweiterung des Maxwellschen Gleichungssystemes ist die tief in alle Gebiete der Physik eingreifende sog. Relativitätstheorie. Darunter versteht man den Satz, daß alle physikalischen Gesetze und Gleichungen so beschaffen sein müssen, daß sie in allen relativ zueinander sich mit gleichförmiger Translationsgeschwindigkeit bewegenden Körpern identisch werden, oder mit anderen Worten, daß man aus Messungen innerhalb eines gleichförmig translatorisch bewegten Systems nichts über die Bewegung des ganzen Systems erfahren kann. So soll z. B. — und dies ist in dem üblichen Aufbau der Relativitätstheorie der Ausgangspunkt — sich von einem leuchtenden Punkte, gleichgültig mit welcher Geschwindigkeit er sich bewegt, das Licht oder die elektrischen Wellen mit derselben Geschwindigkeit kugelförmig ausbreiten. Man erhält durch dieses Relativitätsprinzip ein neues System von Gleichungen, die die elektromagnetischen Erscheinungen für bewegte Körper darstellen. Von den älteren Theorien der Elektrodynamik bewegter Körper, wie

Hertz und Lorenz sie aufgestellt haben, unterscheiden sich nun die neuen Gleichungen nur in Gliedern, die erst bei sehr raschen, mit Geschwindigkeiten, die der des Lichtes vergleichbar sind, bewegten Körpern eine Rolle spielen, und es ist daher schwierig und noch nicht einwandsfrei gelungen, durch genaue Versuche die Theorie sicher mit der Erfahrung zu vergleichen. Nun gelang es aber Einstein[1]) und Abraham[1]) diese Theorie auch auf gleichförmig beschleunigt sich bewegende Körper zu erweitern, insbesondere auf Körper, die sich im Schwerkraftfelde bewegen, und da ergibt nun die Theorie einen höchst interessanten Zusammenhang zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Schwerkraft. Durch die Schwerkraft müssen nämlich — immer auf dem Boden dieser Theorie — die Lichtstrahlen gekrümmt werden, und die Größenordnung dieser Krümmung ist so, daß man hoffen kann, sie astronomisch zu fassen. In der Tat zeigen sich z. B. bei Spektrallinien der Sonnen- und Fixsternspektra Verschiebungen gegen die entsprechende Lage irdischer Lichtquellen, die man mittels dieser Theorie erklären kann. Weitere Experimente werden hier wohl in nächster Zeit Aufklärung bringen und damit die Gleichungen der Elektrodynamik bewegter Körper sicher begründen.[2])

Eine weitere Ausbildung der reinen Maxwellschen Theorie ist auf dem Gebiete des Magnetismus zu verzeichnen. Auf dem Boden der Maxwellschen Vorstellungen leitet R. Gans[3]) ab, daß die ponderomotorische Kraft F für einen stromdurchflossenen Leiter weder durch $[I, \mathfrak{H}]$, noch durch $[I, \mathfrak{B}]$ gegeben ist, wo I Stromintensität, $\mathfrak{B}$ magnetische Induktion, $\mathfrak{H}$ Feldstärke bedeuten, wie dies bisher angenommen wurde, sondern daß F durch folgenden etwas komplizierten Ausdruck gegeben wird:

$$F = -\frac{1}{4\pi}(\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2) \operatorname{grad} \mu + [I_1, \mu \mathfrak{H}_1]$$

wo $\mathfrak{H}_1$ das Feld vor Einschaltung des Stromes und $\mathfrak{H}_2$ das Feld des Stromes selbst ist. An ein paar einfachen Beispielen zeigt Verfasser allerdings, daß F bei näherer Durchrechnung häufig doch unabhängig von der Permeabilität μ wird, so daß sein Ansatz im wesentlichen mit dem auch von Einstein[4]) angenommenen und durch anderweitige Überlegungen gestützten $[I\ \mathfrak{H}]$ übereinstimmt.

In zwei auf Anregung und unter Leitung von F. Richarz entstandenen Arbeiten werden zwei grundlegende Vorausetzungen der Maxwellschen Theorie einer experimentellen Prüfung unterzogen. Nach dem zweiten Tripel der Maxwellschen Gleichungen

$$\operatorname{rot} \mathfrak{E} = -\frac{1}{c}\ \frac{d\mathfrak{B}}{dt}$$

$\mathfrak{E}$ = elektr. Feldstärke, $\mathfrak{B}$ = magn. Induktion, c = Lichtgeschwindigkeit

muß jedes veränderliche magnetische Feld mit elektrischen Wirkungen verbunden sein, die sich bei geschlossenem Stromkreise, wie bekannt, als induzierte Ströme bemerkbar machen, und die bei ungeschlossenem Stromkreise, z. B. einem in die Nähe des Magnetfeldes gebrachten geladenen Metallstückchen, eine ponderomotorische Wirkung auf dieses ergeben. Henrich[5]) gelang der Nachweis dieser ponderomotorischen Wirkung trotz ihrer infolge des Faktors 1/c, wie man leicht sieht, außerordentlich geringen Wirkung, allerdings nicht mit einem Metallstück, sondern mittels eines feinen Stäbchens aus Glas. Wird dieses in den Mittelpunkt eines geschlossenen Eisenringes gebracht, der durch Wechselstrom magnetisiert wird, so üben die durch das veränderliche magnetische Feld nach Maxwell erzeugten elektrischen Kraftlinien eine polarisierende Wirkung auf die Glasnadel aus, machen also an den Enden scheinbare elektrische Ladungen frei, so daß die Nadel sich in die Ebene des Ringes hineinzudrehen sucht. Die zweite Arbeit von Koch[6]) beschäftigt sich mit dem ersten Maxwellschen Tripel

$$\operatorname{curl} \mathfrak{H} = \frac{1}{c} \cdot \frac{d\varepsilon\mathfrak{E}}{dt.}$$

ε = Dielektrizitätskonstante

und sucht die magnetische Wirkung der sogenannten Verschiebungsströme nachzuweisen. Nach Maxwell existieren bekanntlich bei zeitlich veränderlichen Feldern in den umgebenden Dielektriken sogenannte Verschiebungsströme, deren Intensität $d\varepsilon\mathfrak{E}/dt$ proportional ist, und für die zwar weder das Ohmsche noch das Joulesche Gesetz, wohl aber das Biot-Savartsche gültig ist. Die obige Gleichung ist der Ausdruck dieser Tatsache. Die magnetischen Wirkungen dieser Verschiebungsströme weist Koch nun in sehr eleganter Weise nach. Die Verschiebungsströme werden durch einen Teslatransformator erzeugt, die magnetischen Wirkungen der dadurch im Dielektrikum entstehenden sehr rasch veränderlichen Verschiebungsströme werden durch die Induktionswirkungen in einem kleinen Solenoid, das entweder mit einem Telephon oder mit Gleichrichter und Spiegelgalvanometer verbunden ist, nachgewiesen. Ändert man das Dielektrikum, so kann Koch sehr schön die Proportionalität des Verschiebungsstromes mit der Dielektrizitätskonstanten zeigen.

Elektrostatik. Burton[7]) gibt einen Versuch an, um den elektrischen Druck, den nach Maxwell ein Feld $\mathfrak{E}$ auf einen geladenen Körper ausübt, zu zeigen. Die Größe dieses Druckes ist bekanntlich $\mathfrak{E}^2/8\pi$. Burton nimmt zwei Seifenblasen, die er an den voneinander elektrisch isolierten Enden eines kommunizierenden Rohres aufbläst. Sind die Seifenblasen ungleich groß, so wird die größere auf Kosten der kleineren wachsen, ladet man aber die kleinere elektrisch, so kann man auch das umgekehrte erreichen. Eine Arbeit von Russel[8]) beschäftigt sich mit der Berechnung der Kapazität einander gegenüberstehender Kugeln, ein Fall der für die drahtlose Telegraphie von Wichtigkeit ist, und gibt numerisch einfache Formeln der Berechnung an. Einen sehr wichtigen prinzipiellen Fortschritt verdanken wir mehreren Arbeiten von Décombe[9]), der sich mit der sogenannten „Siemenswärme" beschäftigt. Es war schon oben erwähnt, daß die in den Dielektriken auftretenden Verschiebungsströme nach Maxwells Theorie keine Wärmewirkungen aufweisen sollen. Nähere Versuche, insbesondere auch Erfahrungen aus der Praxis der Hochspannungsisolatoren haben jedoch gezeigt, daß auch die Verschiebungsströme das Dielektrikum etwas zu erwärmen vermögen. Décombe gibt nun eine Theorie dieser Erwärmung, die er auf den Widerstand zurückführt, den die Polarisationselektronen einer Umpolarisation gemäß den Vorstellungen der Elektronentheorie leisten, und es gelingt ihm auf diesem Wege theoretisch abzuleiten, daß die Siemenswärme unabhängig von der Frequenz des angewandten Wechselstroms und proportional dem Quadrat der Maximalspannung sein muß. Diese Gesetze stehen in guter Übereinstimmung mit Versuchen von Hochstädter[10]) über die Energieverluste in Hochspannungskabeln.

Induktions- und Wechselströme. Berechnung von Selbstinduktion, Kapazität und Widerstand. Lenz[11]) beschäftigt sich mit Spulen, deren Länge groß gegen den Spulendurchmesser ist, und bei denen das Verhältnis

$$\frac{\text{Spulendurchmesser}}{\text{Ganghöhe}} > 1$$

ist, schließt sich an die von Sommerfeld gegebene Methode an und gibt Formeln für das numerische Rechnen. Das interessanteste allgemeine Resultat ist, daß die Kapazität von der Schwingungszahl unabhängig wird, und daß man die Kapazität der Spule, die doch keineswegs kondensatorähnlich wirkt, stets durch die eines nebengeschalteten Kondensators ersetzen kann. Eine Arbeit von Vos[12]), die sich mit den theoretisch besten Bedingungen zur Herstellung von Spulen mit möglichst kleinem Dämpfungsdekrement bei vorgegebener Frequenz und Selbstinduktion beschäftigt, sei in diesem Zusammenhange noch erwähnt. Untersucht werden von ihm nur einlagige Zylinderspulen. Neben diesen exakten Behandlungen dürfte dem Praktiker die Formel- und Tabellensammlung zur Berechnung gegenseitiger und Selbstinduktionen von E. B. Rosa und F. W. Grover[13])

empfohlen werden. Theorie und Praxis verbindet weiter miteinander eine Schrift von A. Lampa[14]), der eine Reihe physikalisch bemerkenswerter Wechselstromexperimente beschreibt und sie gleichzeitig theoretisch erörtert. Von besonderem Interesse dürfte die Besprechung der Erscheinungen im elektrostatischen Drehfeld sein, wo nachgewiesen wird, daß nicht die Annahme einer dielektrischen Hysterese erforderlich ist, sondern daß zur Erklärung bereits die Annahme einer endlichen Leitfähigkeit des sich drehenden Körpers oder seiner Umgebung ausreichend ist. Ein spezielles Gebiet behandelt H. Busch[15]), der eine vollständige Theorie des Oszillographen im Anschluß an die Theorie von Blondel und Orlich gibt. Von Wichtigkeit ist besonders die Diskussion der Frage, mit welcher Genauigkeit ein Oszillograph die Stromkurve wiedergibt, bzw. wie groß die durch ihn verursachten Fehler sind. Verf. gibt praktische Regeln an, in welcher Weise die Eigenfrequenz der Oszillographenschleife die Aufzeichnung der Stromkurve beeinflußt, insbesondere wie Spitzen dieser unterdrückt oder infolge unzureichender Dämpfung der Schleife solche in die Kurve hereingebracht werden.

Es sei noch auf eine Neukonstruktion von Widerstandsspulen für Wechselstrom verwiesen, die von H. L. Curtis und F. W. Grover[16]) für das Standard Bureau in Washington ausgeführt wurde, bei denen die Widerstandsänderung bei Frequenzen von 0 bis 1200 nur 0,001 Prozent beträgt. Die Widerstände der Spulen selbst betrugen 0,1 bis 10 000 Ohm. Die theoretisch abgeleitete Bedingung für die Unabhängigkeit von der Frequenz ist $L = \frac{1}{3} C . r^2$, wobei C möglichst klein sein muß. (L Selbstinduktion, C Kapazität, r Radius der Spule.)

Sehr interessant ist auch eine Arbeit von Papalexi[17]), der sich mit der Theorie eines Wechselstromkreises mit eingeschaltetem elektrischem Ventil beschäftigt. Die landläufige Vorstellung einer solchen Ventilwirkung ist ja sehr einfach die, daß die Ventilzelle die eine Phase des Stromes abdrosselt, ohne die Form der Stromkurve wesentlich zu beeinflussen. P. faßt nun eine Ventilzelle als einen wesentlich von der Richtung des Stromes abhängenden Ohmschen Widerstand ohne Kapazität auf, was man ja für Gleichstrom und Wechselstrom niederer Frequenz mit großer Annäherung tun darf. Für die elektromotorische Kraft an dem Ende der Ventilzelle gilt dann einfach: $E = w'i$ falls $i > o$, und gleich $w''i$ falls $i < o$, und zwar je größer w'' gegen w' ist, um so vollkommener ist das Ventil. Die Rechnung lehrt, daß die obige primitive Auffassung nur bei sehr kleiner Selbstinduktion des Stromkreises ihre Richtigkeit hat. Bei großer Selbstinduktion wird der Strom in zwei Komponenten, eine Gleichstromkomponente und eine sehr nahe sinusförmige von derselben Amplitude wie der Gleichstrom zerlegt. Die effektive Stromstärke i_{eff}, die nach der primitiven Auffassung gleich ½ des Wertes bei kurzgeschlossenem Ventil a sein sollte, verhält sich bei sehr großer Selbstinduktion wie $\sqrt{3} : 1$, ist also sogar größer als eins. Das Umsetzungsverhältnis kann bis 81% steigen, man kann also — und das ist der praktisch wichtige Schluß — durch Einschalten einer Selbstinduktion den Ventileffekt stark verbessern. Bei Versuchen mit frisch formierten Aluminiumgleichrichtern erhielt Verfasser eine gute Bestätigung seiner Theorie.

Experimentelle Studien über Gleichrichterwirkungen liegen noch von H. Goddard[18]) vor. Solche Wirkungen treten im allgemeinen an der Berührungsstelle von Metall und Kristall auf; um dieselbe möglichst unbeeinflußt von dem umgebenden Gas, welches durch Okklusion oder Oxydation usw. die Reinheit der Kontaktstelle stark stören kann, zu erhalten, führt er seine Versuche zum Teil in einem möglichst weit getriebenen Vakuum aus, zum Teil in einem gasdicht abgeschlossenen Gefäß, in welchem er, ohne es zu öffnen, die Kontaktstellen reinigen, abfeilen, die Körper zerbrechen konnte usw. Tellur und Quarz verloren dann ihre Gleichrichtereigenschaften ganz, und behielten sie nur in einer Sauerstoffatmosphäre. Geschmolzener Quarz und Bleiglanz, dieser allerdings unzuverlässig, behielten sie stets, auch im Vakuum. Im Vakuum oder im Wasserstoff hergestellte Kupferfeilspäne zeigten in ihrer Leitfähigkeit nicht die Anomalien wie in Luft

oder Sauerstoff. Dadurch, daß die einzelnen Späne sich in die Stromrichtung einstellen, sind die Unregelmäßigkeiten im Widerstand zu erklären. Die Gleichrichterwirkung ist zweierlei Art, eine Oberflächenwirkung, bei reinen Elementen und bei Anwesenheit eines chemisch aktiven Gases, und eine Wirkung im Innern, bei unreinen Elementen und Verbindungen, unabhängig von der Natur des Gases. Nebenher wurde festgestellt, daß der Quarz-Stahl-Gleichrichter wie eine Aluminiumzelle, d. h. elektrolytisch wirkt.

Ähnliche Erscheinungen wie bei Gleichrichtern treten auch, wie H. Geipel[19]) festgestellt hat, an Wismut-, Antimon- und Tellurdrähten auf. Wird durch solche Drähte ein Strom gesandt, so bleibt in ihm nach dem Ausschalten des Stromes eine elektromotorische Kraft zurück, in gleichem Sinne wie die des ursprünglichen Stromes, proportional seiner Stärke und der Länge des Drahtes. Auch in einem transversal magnetischen Feld bleibt der Effekt bestehen, es tritt aber zu ihm ein neuer, kleinerer, entgegengesetzten Vorzeichens. Die erste EMK erreicht bei Tellur etwa 0,3 der ursprünglichen. Andere Metalle als die oben genannten — es sind noch Ni, Cu, Zn, Sn und festes Hg untersucht — zeigen diese beiden elektromotorischen Kräfte nicht. Von Wichtigkeit ist eine kristallinische Struktur der Drähte; bei homogenen Drähten oder ganz unregelmässiger kristallinischer Struktur ist der Effekt unmeßbar klein. Zu erklären sind diese Erscheinungen durch eingelagerte schlecht leitende Schichten, die sich beim Erstarren der Metalle zwischen die rein metallischen legen. Der Einfluß des transversalen Magnetfeldes scheint gleicher Art wie bei dem Hall-Effekt zu sein, also in einer Verschiebung der Stromlinien von der normalen Bahn zu bestehen.

Eine sich besonders bei den Wechselströmen hoher Frequenz bemerkbar machende Erscheinung ist der sogenannte Skineffekt. Die Versuche, ihn theoretisch zu berechnen, haben bisher erst in einem Falle (Sommerfeld) zu einem strengen Resultat geführt, und sind auch bei Annäherungen schwierig und umständlich. So ist denn eine von Hay [20]) gegebene Methode zur graphischen Behandlung des Skineffektes ein besonders für den Praktiker wichtiger Fortschritt.

Elektrische Schwingungen. Generatoren. Die Hochfrequenzmaschine von Goldschmidt wird zur Genüge in den technischen Revuen berücksichtigt. Physikalisch interessanter sind die Vorgänge in den Lichtbogengeneratoren. Mit der Frequenz der in diesen erzeugten Schwingungen beschäftigt sich von dem Lepel-Generator ausgehend, der aus zwei flachen Metallelektroden besteht, die durch einige Lagen Papier voneinander getrennt sind, und der mit Gleichstrom gespeist wird, eine Arbeit von G. W. Nasmyth. [21]) Diese Untersuchung bestätigt die bereits bekannte Formel für die Frequenz von Lichtbogengeneratoren

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R - \frac{c + ld}{I}}{4L^2}}$$

worin L, C und R Selbstinduktion, Kapazität und Widerstand des Kondensatorkreises, l die Bogenlänge, I die Stromstärke im Bogen, und c und d Konstante bedeuten.

Mit den im Generator sich abspielenden physikalischen Prozesse beschäftigen sich die beiden folgenden Arbeiten. H. Rausch v. Traubenberg [22]) untersucht den Zusammenhang zwischen Materialverlust der Elektroden und geförderte Elektrizitätsmenge bei oszillierenden Entladungen. Er prüft Magnesium-, Thallium- und Zinnelektroden in Sauerstoff- oder Stickstoffatmosphäre. Es ergab sich, daß der Gewichtsverlust angenähert proportional dem Atomgewicht und der geförderten Elektrizitätsmenge ist. Der absolute Betrag der pro Grammatom geförderten Elektrizitätsmenge kommt, abgesehen von einem Proportionalitätsfaktor 2 oder 4, dem aus der Elektrolyse bekannten Wert nahe. Anscheinend gelten also auch für diesen Elektrizitätstransport die Faradayschen Gesetze der Elektrolyse.

Welchen Einfluß ein Funke auf die Entladung eines Kondensators hat, prüft D. Roschansky [23]) nach. Der Funke spielt im Schwingungskreise die Rolle einer periodischen elektromotorischen Kraft, deren Amplitude sich im Verlauf der

Schwingungen nur wenig ändert. Die Form der Spannungskurve ist für verschiedene Metalle charakteristisch; diese selbst können in eine als Wiensche Reihe bezeichnete Folge geordnet werden. Ag, Cu, Fe, Al, Zn, Cd, Pb, Sn, Bi, Mg, die Größenordnung der elektromotorischen Kraft ist bei allen Metallen die gleiche, abgesehen von der Messingfunkenstrecke. Die Dämpfung der Schwingungen wird durch das Material der Funkenstrecke nur wenig verändert. Die vorherrschende Form der Funkenentladung ist einem Lichtbogen analog, indessen bildet sich in dem Moment, in dem der Bogen erlischt, eine kurze Glimmstromentladung aus.

Ausbreitung der Wellen. Strahlung der Antennen. Die praktischen Erfolge, die Kiebitz [24]) mit den sogenannten Erdantennen erzielt hat — Antennen, die nicht hoch in die Luft hineinragen, sondern dicht über dem Erdboden oder sogar im Boden selbst verlegt sind, sind wohl aus den damaligen Veröffentlichungen hinreichend bekannt. Mit der Theorie aller dieser Erscheinungen beschäftigen sich die Arbeiten von Braun[25]), Burstyn[26]) und Kiebitz [27]). Nach der Theorie von Braun bewirkt das Herüberstreichen elektrischer Wellen über den Erdboden das Auftreten fingierter Ladungen, wie er sie nennt, im Erdboden selbst, deren Größe durch das Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten des Bodens und der Luft bedingt ist. Diese mit den Wellen mitgehenden Ladungen werden in Drähten, die parallel zum Boden laufen, unter geeigneten Bedingungen Ströme induzieren. Kiebitz nimmt an, daß eine Erdantenne gleichbedeutend mit einem elektrischen Leiter ist, der von Halbleitern umgeben ist, und dieser Leiter zeigt selektive Leitfähigkeit für Wellen bestimmter Frequenz, die auch bei geeigneter Ausdehnung in Ausstrahlung übergehen können. Burstyn berücksichtigt für seine Theorie neben den Kiebitzschen Erdantennen auch die Marconische geknickte Antenne, die ebenfalls eine gerichtete drahtlose Telegraphie gestattet. Zwei gewöhnliche Antennen, in einer Entfernung von einer halben Wellenlänge, in entgegengesetzter Phase schwingend, und ein horizontaler Luftdraht sind mit ihren Spiegelbildern an der Erdoberfläche zwei gleichwertige Systeme. Man kann jede der beiden Anordnungen als einen doppelten Dipol bezeichnen. Die Spiegelung findet dabei nicht an einem schlecht leitenden trockenen Boden statt, sondern an einer gut leitenden Grenze, also wohl am Grundwasserspiegel. Das dürften auch die Verhältnisse sein, wie sie Kiebitz bei seinen Versuchen gehabt hat. Für die Wirkungsweise der Erdantennen sind daher bestimmte Bodenverhältnisse Bedingung. In dem Boden selbst ist die Dämpfung der Wellen derartig groß, daß in ihm die Wellen sofort wieder verschwinden. Die Fortpflanzung dieser erfolgt also durch die Luft. Damit ist gleichzeitig erwiesen, daß es auch mit Erdantennen nicht möglich sein wird, eine Beeinflussung durch atmosphärische Störungen auszuschließen. Der Vollständigkeit wegen muß hier indessen auf eine weiter zurückliegende Arbeit von Sommerfeld [28]) hingewiesen werden. Bestehen nämlich zwischen den Dielektrizitätskonstanten und Widerständen der beiden Medien bestimmte Beziehungen, so entstehen nicht nur elektrische Raumwellen, sondern auch Oberflächenwellen an der Grenze der beiden Medien. Die Energie der Raumwellen nimmt nun aber mit dem Quadrat der Entfernung ab, die der Oberflächenwellen mit der Entfernung selbst. In größeren Entfernungen werden also diese dominieren, die im übrigen auch den Erdkrümmungen zu folgen im Stande sind, während jene nur wenig in das Schattengebiet der Erdkrümmung hereingelangen.

Hatte Sommerfeld seine Ergebnisse im wesentlichen nur für eine ebene Fläche abgeleitet, so dehnt H. W. March [29]) diese Arbeit auf den Fall einer gut leitenden Kugel aus. Es gelingt ihm aus der Lösung zu zeigen, in welcher Weise die Oberflächenwellen der Krümmung der Erde folgen; so sind durch diese Untersuchung die tatsächlichen Erfolge der Wellentelegraphie in der Überwindung der Erdkrümmung dem Prinzip nach erklärt, wenn auch eine Ausdehnung dieser Arbeit auf eine halbleitende Kugel wünschenswert erscheint.

v. Hoerschelmann [30]) beschäftigt sich speziell mit der geknickten Marconi-Antenne, und kommt zu dem Ergebnis, daß die Ursache für den Rich-

tungseffekt in einem vertikal verlaufenden Schwingungsvorgang zu suchen ist, und nicht in horizontalen Erdströmen. Jener hat die gleiche Wirkung wie bei zwei vertikalen Antennen, die in dieser bevorzugten Richtung aufgestellt sind, und in bestimmter Entfernung voneinander in entgegengesetzter Phase schwingen. Das Auftreten dieser Erscheinung ist an bestimmte Voraussetzungen über die Leitfähigkeit des Erdbodens gebunden, so daß in der Praxis bei den gewöhnlichen Bodenarten der Effekt um so größer wird, je kleiner seine Leitfähigkeit ist. J. C. Taylor [31]) weist noch besonders darauf hin, welcher Zusammenhang zwischen der Bodenbeschaffenheit und der Wellenlänge besteht; dieser Zusammenhang macht es verständlich, daß gerade die langen Wellen besonders gut abgegeben und aufgefangen werden.

Von experimentellen Arbeiten über die Ausbreitung von Schwingungen ist besonders die von H. True [32]) zu erwähnen, die sich besonders mit der Ausbreitung der Erdströme beschäftigt. Diese gehen in radialer Richtung vom Fußpunkt der Antennen aus und dringen an der Beobachtungsstation des Verf. etwa 4—5 m in den Boden ein. Eine Abhängigkeit von der Wellenform ist insofern vorhanden, als infolge eines Skin-Effektes die Stromlinien bei größerer Frequenz nach der Oberfläche zu gedrängt werden. Bei geringerer Höhe der Schirmantenne (an einer solchen sind alle Messungen ausgeführt) dringen die Stromlinien tiefer in den Boden ein und verlaufen stärker gekrümmt. Bei einer Antenne mit Gegengewicht statt der Erdung verlaufen die Erscheinungen anlog, nur daß in diesem Fall das Gegengewicht der Ausgangspunkt der Stromlinien ist. Die Dämpfung wird wesentlich durch den Energieverbrauch der Erdströme beeinflußt. Speziell an dieses Ergebnis schließt sich eine Arbeit von M. Reich [33]) an, der nachweist, daß der dämpfende Einfluß der Erde bei Erdung der Antenne einen in diese eingeschalteten Widerstand von einigen Ohm gleichkommt. Je größer die Frequenz ist, desto größer ist dieser Widerstand.

Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen in Drähten. Diese Geschwindigkeit sollte theoretisch gleich der Lichtgeschwindigkeit sein, ist aber tatsächlich um etwa 1% geringer, wie Gutton schon früher festgestellt hat. Jetzt setzt er die Versuche [34]) mit zwei verschiedenen Wellenlängen an Drähten verschiedener Art fort, und findet dabei als genaues Ergebnis, daß der Unterschied 1/152 bis 1/433 der Lichtgeschwindigkeit ist. Wie dieser Unterschied zu erklären ist, muß dahingestellt bleiben; durch die Oberflächenbeschaffenheit der Drähte ist er jedenfalls nicht bedingt, denn bei einem blanken und einem angeätzten Kupferdraht fanden sich die gleichen Ergebnisse.

Anwendung der Hochfrequenzschwingungen. Löwy und Leimbach [35]) erforschen das Erdinnere mittels elektrischer Wellen. Die Versuche werden durch Übermittlung elektromagnetischer Wellen von einem Schacht zum andern ausgeführt, um die Konstitution des dazwischen liegenden Erdbodens festzustellen. Die Verf. unterscheiden zwei Messungsmethoden, die Absorptionsmethode, bei der zwischenliegende Metallmassen einen Teil der Wellen absorbieren, bzw. die gleichmäßige Ausbreitung der Wellen verändern, — es liegt hier der oben erwähnte Fall vor, in welchem ein Leiter, der in einen Halbleiter eingebettet ist, selektive Leitfähigkeit aufweist, — und die Reflexionsmethode, bei der zum Empfangsapparat direkte Wellenzüge gelangen, und indirekte, die an der Grenze des Grundwasserspiegels z. B. oder von anderen Stellen, an denen der Boden inhomogen wird, reflektiert werden und dann mit jenen interferieren. Die Verf. haben nach beiden Methoden in Bergwerken Versuche angestellt, die um so schwieriger waren, als alle dort verlegten Kabel, Gleise, etc. die reinen, auf der Erdoberfläche leicht erreichbaren Versuchsbedingungen sehr ungünstig beeinflussen. Immerhin sind diese ersten Versuche so erfolgreich gewesen, daß sie wohl weiter gefördert zu werden verdienen.

Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Seit den Arbeiten von Wiechert, Sommerfeld und anderen hielt man es für ganz außerordentlich wahrscheinlich, daß die Röntgenstrahlen nichts anderes als Lichtschwingungen sehr kleiner Wellenlänge sind, die die Strahlung darstellen, die das an der Anti-

kathode rasch getrennte Elektron aussendet, und man konnte mit dieser Auffassung auch alle beobachteten Erscheinungen, besonders die der polarisierten Röntgenstrahlung gut erklären. Versuche von M a r x[36]) hatten nun zwar gelehrt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Röntgenstrahlung mit der der Lichtgeschwindigkeit übereinstimmt, und hatten damit ein sicheres Fundament für diese Auffassung geschaffen. Allein die Messungen von Marx waren von F r a n c k und P o h l[37]) angezweifelt worden. So ist es denn doppelt freudig zu begrüßen, daß es L a u e und seinen Mitarbeitern F r i e d r i c h und K n i p p i n g[38]) gelang, auf anderem Wege, nämlich durch eine Messung der Wellenlänge, die Auffassung der Röntgenstrahlen als Lichtstrahlen sehr kleiner Wellenlänge zu stützen. Der Gedankengang von Laue ist von überraschender Einfachheit. In der Optik erfolgt bekanntlich die Längenmessung durch die Beugung des Lichtes an sogenannten Gittern, das sind Spiegel, auf denen in kleinerem Abstande Furchen gezogen sind, auf denen also durchsichtige und undurchsichtige Stellen abwechseln. Bedingung für die Verwendbarkeit solcher Gitter ist, daß der Furchenabstand von der Größenordnung der zu messenden Wellenlänge ist. Infolgedessen sind, da die Röntgenstrahlen, wenn überhaupt, eine viel kleinere Wellenlänge besitzen, die optischen Gitter für diese Zwecke völlig unbrauchbar. Laue kam nun auf den überraschend einfachen und schönen Gedanken als Röntgengitter die — nach unseren Vorstellungen — regelmäßig angeordneten molekularen Raumgitter eines Kristalls, z. B. ZnS oder Diamant zu verwenden. Die Abstände zweier Moleküle sind nach der kinetischen Gastheorie etwa 10^{-8} cm und das ist, wie man wußte, auch die Größenordnung der Röntgenwellen. In der Tat gelang der Versuch vollkommen. Neben dem Bilde der direkt durchgehenden Strahlen erhielt Laue ein scharfes Beugungsbild dieser molekularen Raumgitter, wie es die von ihm berechnete Theorie verlangte. Damit hatte er die elektromagnetische Struktur der Röntgenstrahlung erwiesen, die Wellenlänge, die sich zu 5 bis $8 . 10^{-9}$ ergab (das Natriumlicht hat die Wellenlänge $6 . 10^{-5}$ cm) bestimmt und gleichzeitig die kristallographischen Anschauungen über die Struktur und den Aufbau der Kristalle bewiesen.

Elektronentheorie. Die Elektronentheorie erfuhr in ihren Grundlagen einen heftigen Angriff. E h r e n h a f t[39]) behauptete nämlich bei Ladungsmessungen an ultramikroskopischen, im Lichtbogen zerstäubten Metallteilchen das Auftreten von Ladungen, die den Wert des Elementarquantums um etwa das 10fache unterschritten, festgestellt zu haben. In einer sehr langen Diskussion, an der sich außer Ehrenhaft R e g e n e r[40]), M i l l i k a n u. F l e t c h e r[41]) und P r z i b r a m[42]) beteiligten, und bei denen die Ehrenhaftschen Messungen mit den verschiedensten Hilfsmitteln und Variationen wiederholt wurden, wurden aber doch einige erhebliche Fehlerquellen in den Ehrenhaftschen Messungen aufgedeckt, und als Endergebnis die Existenz einer Elementarladung von der Größenordnung 4 bis $5 . 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten ziemlich sichergestellt. — In das innere Wesen des Moleküls und der molekularen Vorgänge greift eine von H a b e r gemachte und von H a b e r und J u s t experimentell untersuchte Entdeckung ein[43]). Nach der durch die Arbeiten der englischen Schule sichergestellten Auffassung der radioaktiven Vorgänge ist die Quelle der radioaktiven Elektronenstrahlung, der sogenannten α- (positiven) und β- (negativen) Strahlung der Molekülzerfall des Radiums in das Element Helium. Haber kam nun ganz folgerichtig zu dem Schluß, daß, da ja mit jeder chemischen Reaktion ein Molekülzerfall gegeben ist, die Bedingungen für eine Elektronenstrahlung bei jeder Reaktion vorliegen. Entsprechend den gewaltigen Energiemengen, die der Molekülzerfall des Radiums frei werden läßt, werden die durch ihn ausgeschleuderten Elektronen sich sehr viel schneller bewegen, daher auch leichter nachweisbar sein, als die bei anderen weniger stürmisch verlaufenden Reaktionen. Immerhin schien es von diesem Standpunkt aus möglich, daß eventuell noch bei der gleichfalls sehr intensiven Oxydation die Leichtmetalle K und Na — eventuell im luftverdünnten Raum, Elektronen ausgesandt werden, die sich einem Nachweis durch zu große Absorbierbarkeit nicht entziehen. Der Effekt „Reaktionseffekt" bestätigte dann diese Anschauung auch

vollkommen, und Haber und Just konnten bei der Oxydation einer K-Na-Legierung tatsächlich das Ausschleudern elektrischer Teilchen nachweisen, die durch Messung von Ladung und Geschwindigkeit sich als Elementarteilchen (Elektronen) erwiesen. Die elektrische Natur chemischer Reaktionen ist damit aufs höchste wahrscheinlich gemacht, und die nähere Untersuchung dieses Reaktionseffektes dürfte wohl noch manches tiefe Resultat über den Bau und die Art chemischer Moleküle ergeben.

Verwandt mit dem Haberschen Reaktionseffekt ist der schon längst bekannte Photoeffekt, bei dem unter der Einwirkung von ultraviolettem Licht auf Metalle freie Elektronen aus dem Metall herausgeschleudert werden. Mit der Frage, ob diese Elektronen nur von der Oberfläche oder auch aus dem Innern stammen, beschäftigt sich J. Robinson[44]). Versuche an Zink- und Aluminiumelektroden ergaben, daß bei Bestrahlung eine lichtelektrische Ermüdung eintritt, daß die alte Wirksamkeit der Elektroden sich indessen nach einigen Minuten wieder einstellt, und daß diese Ermüdung nur dann eintritt, wenn wirklich Elektronen austreten. Wird der Elektronenaustritt durch ein elektrisches Gegenfeld verhindert, so ist eine Ermüdung nicht zu konstatieren. Zu erklären sind die Erscheinungen vielleicht so, daß die aus einer gewissen Tiefe aus dem Metall hervordringenden Elektronen einen Gasstrom an die Oberfläche führen, der dort eine Gasschicht bildet und die nachfolgenden Elektronen am Austritt hindert. Dünne Metallschichten dürften danach keine merkliche Ermüdung zeigen, was auch durch die Erfahrung bestätigt wird Eine ausführlichere Untersuchung derartiger Schichten[45]), die auf Quarz niedergeschlagen waren und an beiden Seiten belichtet werden konnten, ergab das Resultat, daß die Geschwindigkeit der Elektronen bei austretendem Licht (das Licht gelangt durch den Quarz zum Metall) größer ist als bei auffallendem. Bei dicken Metallschichten kehrten sich die Verhältnisse gerade um. Der Grund war nicht festzustellen. Das Licht erleichtert also bei dünnen Schichten den Elektronenaustritt aus dem Metall in seiner Fortpflanzungsrichtung.

Daß die Lichtenergie tatsächlich die alleinige Ursache für das Ausschleudern von Elektronen ist, zeigen Elster und Geitel[46]), indem sie bis zu den kleinsten herstellbaren Lichtenergien von $3 . 10^{-7}$ Erg eine Proportionalität zwischen Photostrom (der in diesem Fall etwa $4 . 10^{-16}$ A beträgt) und aufgewendeter Energie finden.

Die Erfolge der Elektronentheorie in der Erklärung der Gasleitung legten auch die Frage nahe, ob die Leitfähigkeit der gut isolierenden Flüssigkeiten wie Schwefel- und Tetrachlorkohlenstoff, Benzol, Hexan usw. nicht ganz oder zum großen Teil Ionen zuzuschreiben sind, die etwa durch die ja überall auf der Erde gegenwärtige radioaktive Strahlung oder ultraviolettes Licht erzeugt sind. Um diese Frage zu studieren, ionisierte van der Bijl[47]) mittels starker Radiumpräparate solche isolierenden Flüssigkeiten (Leitfähigkeit ohne Ionisation $\lambda < 10^{-17}$ $Ohm^{-1}\, cm^{-1}$) und untersuchte dann die Leitfähigkeiten. Er konnte, wie dies auch früher schon Jaffé[48]) am Hexan gezeigt hatte, Sättigungsstrom nachweisen, und überhaupt zeigen, daß die Gesetze der Leitfähigkeit dieser ionisierten Isolatoren mit denen ionisierter dichter Gase genau übereinstimmen. Im gewissen Sinne ist damit eine Brücke von der elektrolytischen zur Gasleitung geschlagen. — Einen weiteren schönen Erfolg konnte Debye[49]) durch Anwendung der Elektronentheorie auf die Isolatoren erreichen. Die landläufige Vorstellung war, daß ein Isolator Elektronen enthält, die durch elastische Kräfte an Gleichgewichtslagen gebunden sind und durch äußere elektrische Felder zum Schwingen um diese Gleichgewichtslagen angeregt werden. So viel Erfolge diese Hypothese auch bei der Darstellung optischer Eigenschaften (Dispersion, Zeemaneffekt) der Isolatoren hatte, so ergab sich in einem Punkte eine starke Abweichung von der Erfahrung. Nahm man nämlich diese Elektronen nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen im Isolator verteilt an, so erhielt man den mit den Messungen nicht übereinstimmenden Satz, daß die Dielektrizitätskonstante ε von der absoluten Temperatur unabhängig ist. Debye verbessert nun die Elektronentheorie der Isolatoren durch die Annahme, daß neben diesen gebundenen Elektronen noch feste elektrische Dipole

im Isolator vorhanden sind, und kann dann zeigen, daß die Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante durch folgende Formel gegeben ist. Es ist $T \cdot (\varepsilon - 1)/(\varepsilon + 2) = a + b\,T$, wo a und b Konstanten sind. Diese Formel stimmt für dielektrische Flüssigkeiten mit den Messungen sehr gut überein. —

Widerstandsänderungen des Selens. Im Hinblick auf spätere technische Anwendung in der Fernphotographie, drahtlosen Telephonie usw. sind die Erscheinungen der Widerstandsänderungen im Selen von Interesse, einmal im Hinblick auf die Abhängigkeit seines Widerstandes von der verwendeten Meßspannung und von der Belichtung. Im ersten Punkte fand E. E. Fournier d'Albe[50]) für Selenzellen eine exakte Gesetzmäßigkeit, nämlich daß ihr Widerstand bei allen Spannungen über 1 Volt durch die Formel $(R_1 - R\ )/R_1 = F \cdot \log V$ darstellbar ist, wobei R_1 und R_v den Widerstand bei 1 Volt und v Volt bedeutet, und F eine zwischen 0,1 und 0,5 liegende Konstante ist. Im Zusammenhang damit steht eine Arbeit von F. Kaempf[51]), dem es unter bestimmten Bedingungen gelang, im Selen einen Sättigungsstrom nachzuweisen, der damit zum erstenmal in einem festen Körper nachgewiesen wird. Auf die große Anzahl der erschienenen Arbeiten über die Eigenschaften der verschiedensten Typen von Selenbrücken, mit ihren z. B. ganz widersprechenden Eigenschaften soll hier nicht eingegangen werden, nur einiges sei hervorgehoben. W. S. Gripenberg[52]) ist es gelungen, sehr hochempfindliche Zellen herzustellen, indem er Selen mittels Kathodenzerstäubung auf einer geeigneten Glasplatte in einer Schicht von nur 0,0001 mm Dicke niederschlug und geeignet weiter behandelte. Bei Belichtung änderte eine solche Zelle ihre Leitfähigkeit etwa um das tausendfache.

Von weitergehendem Interesse dürfte eine Arbeit von F. C. Brown[53]) sein, der an Zellen von Giltay feststellt, wie tief das Licht in eine Selenschicht eindringt, und es so modifiziert, daß seine Leitfähigkeit sich ändert; er fand dafür bei den untersuchten Zellen 0,014 mm.

Bekanntlich besitzen indessen Selenzellen eine für die praktische Anwendung, besonders in der Bildtelegraphie störende Eigenschaft, die Trägheit, daß sie nämlich den Änderungen in der Belichtung nicht sofort folgen. Ausführliche Studien darüber veröffentlichte Br. Glatzel[54]), insbesondere bei intermittierender Belichtung und Abdunkelung. Unter der Annahme, daß die Belichtungs- bzw. Verdunkelungsträgheit den Gesetzen $J_B = 1 - e^{-\alpha t}$ bzw. $1_D = e^{-\beta t}$ folgt, konnte er experimentell durch Aufnahme am Oszillographen zeigen, daß die Zellen einer auf jene Formeln begründeten mathematischen Theorie folgen. Bei einem galvanischen Selenelement Reinganumscher Anordnung mit Platin als zweiter Elektrode konnte übrigens eine meßbare Trägheit nicht nachgewiesen werden. Die Trägheit selbst hängt von der Beleuchtungsstärke ab, nicht aber von der Spannung und der Farbe des Lichtes. Eine Vorbelichtung setzt sie herab. Eine Erniedrigung der Temperatur vergrößert die Empfindlichkeit, aber auch die Trägheit.

Verfasser untersuchte auch Antimonitzellen, die gleiche Eigenschaften wie Selenzellen besitzen; sie sind ihnen indessen an Empfindlichkeit und geringerer Trägheit merklich überlegen.

Einen Versuch zu einer allgemeinen Theorie der Erscheinungen in Selen macht F. C. Brown[55]); er nimmt an, daß Selen aus drei Komponenten A, B, C besteht, in denen A nicht leitend ist, B metallisch leitet und C eine im Vergleich zu B vernachlässigbare Leitung hat. Bei Belichtung verwandelt sich A in B und B in C. Eine mathematische Behandlung führt dann zu einer charakteristischen Gleichung zwischen Belichtungszeit und Leitfähigkeit, unter die sich alle beobachteten Erscheinungen zusammenfassen lassen.

Infolge seiner Lichtempfindlichkeit findet Selen vielfach Anwendung. Seine Benutzung in der Photometrie diskutiert A. H. Pfund[56]), besonders für den Fall der Benutzung eines rotierenden Sektors zur Lichtschwächung, der auch bei Anwendung von Selen ohne Bedenken angewendet werden kann. Im allge-

meinen kann indessen Selen nur zur Photometierung monochromatischen Lichtes Verwendung finden und nur unter ganz bestimmten Bedingungen auch für weißes Licht.

Eine Verallgemeinerung der für Selen giltigen Gesetze versucht Chr. Ries[57]), der behauptet, daß der Spannungseffekt, d. h. daß die Leitfähigkeit bei hohen Spannungen größer ist als bei kleinen, bei allen lichtempfindlichen Stoffen vorhanden ist, wie aus dem bereits bekannten Beobachtungsmaterial folgt.

Niedrige Temperaturen. In der neueren Zeit hat nun der Bereich der niedrigsten Temperaturen eine erhöhte Bedeutung gewonnen, nachdem durch Nernst und seine Schule die spezifischen Wärmen und die Ausdehnungskoeffizienten an jenen Temperaturen bedeutsame Schlüsse auf den Energieinhalt der beteiligten Körper und die Natur des festen Aggregatzustandes zuließen. Die Nernstsche Theorie[58]) verlangt nun für alle andern Eigenschaften, insbesondere für die elektrischen und magnetischen in der Nähe des absoluten Nullpunktes der Temperatur eine ähnliche Abhängigkeit von der Temperatur, wie sie sich für jene ergeben hatte, insbesondere sollten alle diese Eigenschaften dort von der Temperatur unabhängig werden, während es dahingestellt blieb, ob sie dort den Wert Null oder eine endliche Konstante erreichten. Nach der Verflüssigung von Helium im Kälte-Laboratorium der Universität Leiden konnte nun H. Kamerlingh Onnes[59]) bei Platin und Aluminium das Nernstsche Gesetz bestätigen und sogar zeigen, daß beim absoluten Nullpunkt der Widerstand dieser Metalle, auch der von Gold und Quecksilber, Null wird.

Die magnetische Suszeptibilität $\varkappa$ verfolgte er nicht bis zu so tiefen Temperaturen herab, er konnte aber doch auch feststellen, daß die Temperaturabhängigkeit merklich schwächer wird mit sinkender Temperatur, indem an Stelle des Curieschen Gesetzes ($\varkappa$ proportional $^1/T$) für die gewöhnlichen Temperaturen das Gesetz $\varkappa$ proportional $^1/T$ ½ für tiefe Temperaturen tritt. Nur bei Wismut hingegen gelang es ihm, eine Unabhängigkeit von der Temperatur zu erreichen.

Radioaktivität. Normale für radioaktive Strahlungsmessungen. Das Normal aus 21,99 mg reinsten wasserfreien Radiumchlorids, das Frau Curie im August 1911 hergestellt und in ein Glasröhrchen eingeschmolzen hatte, wurde zu einem internationalen erklärt, und im Bureau international des poids et mesures deponiert. Damit ist endlich eine unbedingt erforderliche Einheitlichkeit in alle radioaktiven Strahlungsmessungen gebracht worden. Zur Messung des Radiumgehalts einer Substanz werden die stark durchdringenden und schwer absorbierbaren γ-Strahlen des Radiums verwendet. Man legt das Normalpräparat in einige Entfernung von einem geladenen Elektroskop und beobachtet dessen Entladungszeit, sodann ersetzt man jenes Präparat durch das zu untersuchende, und beobachtet wiederum die Entladung, und kann so den Gehalt an Radium berechnen. Neben diesem Internationalen Standard sind auch eine Reihe sekundärer hergestellt, von denen eins mit 31,17 mg als Ersatzstandard in Wien aufbewahrt wird. Die Internationale Radiumstandardkommission garantiert bei vorgeschriebener Ausführung der Messungen eine Genauigkeit von 0,5%[60]).

Indessen wendet W. Marckwald[61]) gegen dieses Normal ein, daß es tatsächlich nicht reinstes Radiumchlorid enthält, sondern dieses mit einem Zusatz von etwa 1% Bariumchlorid. Er stützt seine Bedenken auf chemische Überlegungen bei der praktischen Reindarstellung von Radiumchlorid, und auf das von Hönigschmidt[62]) festgestellte Atomgewicht von Radium, das zu niedrig gefunden wurde. Denn infolge des allmählichen Zerfalls von Radium in Helium und Blei muß sich sein Atomgewicht aus denen dieser Stoffe berechnen lassen, und etwa 227,0 sein, während jener 225,95 gefunden hatte. Etwa gleichzeitig mit dieser Arbeit erschien um eine neue Atomgewichtsbestimmung des Radiums von R. W. Gray u. W. Ramsay[63]). Zur Beurteilung der Schwierigkeit einer solchen Untersuchung muß man berücksichtigen, mit welchen geringen Mengen der Experimentator zu arbeiten hat; die Wägungen wurden auf einer Mikrowage von Steele ausgeführt, die nur wenige Milligramm tragen kann, und ganz aus

Quarzfäden hergestellt ist. Die feinsten Änderungen in der Belastung der Wage werden derart festgestellt, daß an der einen Seite des Wagebalkens eine kleine zugeschmolzene Glaskugel aufgehängt war; die ganze Wage war luftdicht eingeschlossen, und der Luftdruck im Wagekasten konnte verändert werden. 1 mm Änderung des Druckes entsprach einer Auftriebsänderung und damit Gewichtsänderung von 0,000 255 mg. Die Methode, die die Verf. anwendeten, war so, daß sie eine gewogene Menge Radiumchlorid in Radiumbromid überführten. Daraus ließ sich das Atomgewicht des Radiums berechnen und liefert den größten Wert von 226,36. Auch dieser wird noch als ein Mindestwert angesehen, da jede Verunreinigung ihn herabsetzt. Es ist immerhin auch möglich, daß Blei und Helium nicht die einzigen Endprodukte vom Radium sind; wodurch dann die Abweichungen vom theoretischen Wert erklärt sind. Endgiltig ist die Frage jedenfalls noch nicht abgeschlossen, auch mit Rücksicht darauf, daß auch das Uran, als Ausgang des Radiums, einer Revision seines Atomgewichts bedarf.

Statt des Radiums wird vielfach die Radiumemanation, das erste gasförmige Zerfallprodukt des Radiums, zu Messungen verwendet. Die Einheit der Emanation ist das „Curie", d. h. gemäß den Festsetzungen jener Kommission die Emanationsmenge, die mit 1 g Radium im Gleichgewicht ist, also von der das gleiche Quantum stets in Radium-A zerfällt, die sich aus dem Radium selbst bildet.

Man ist neuerdings in der Lage, die Partikeln der einzelnen Strahlenarten, welche radioaktive Stoffe aussenden, einzeln einer Beobachtung und Messung zu unterziehen. Dieses hat z. B. für die α-Strahlen des Radiums und Poloniums G. Hoffmann[64]) ausgeführt. Er konstruierte dazu ein höchstempfindliches Elektrometer in der Form eines Binant-Elektrometers mit ganz kurzer Schwingungsdauer von nur wenigen Sekunden und einigen Milligramm Gewicht des beweglichen Teiles. Hieran wurde ein Kondensator angesetzt, in dessen Luftzwischenraum die α-Strahlen eindrangen. Dann konnten deutlich ruckweise Bewegungen der Nadel nachgewiesen werden, die um einen festen Mittelwert herumlagen, und als Ergebnis lieferten, daß jedes α-Partikelchen von Polonium auf den letzten 2,5 cm seiner Bahn etwa 100 000 Ionen erzeugt.

Auf eine ganz andere Methode gelang es E. Regener[65]) einzelne α- und auch β-Teilchen sichtbar zu machen. Er zerstäubte Öl in feine Tröpfchen, die er in einem Kondensator von allen etwa geladenen Teilchen befreite. Dann ließ er auf diese Ölnebel α- bzw. β-Strahlen einwirken, wobei sich die einzelnen α- bzw. β-Teilchen an die einzelnen Öltröpfchen anlegten. Diese so geladenen Teilchen wurden endlich zu einer Elektrode hingezogen, die als Röhre ausgebildet war, und einen Luftstrom entgegen der Strömungsrichtung des Ölnebels erzeugte. Es entstand hier ein nebelfreier Raum, in dem nur die geladenen Teilchen, d h. die α- und β-Partikelchen durch ein Ultramikroskop bequem sichtbar gemacht werden konnten.

[1]) Einstein, Ann. Phys. 4. Reihe, 38. Bd., p. 355, 443, 1059; 39. Bd., p. 704. — Abraham, Ann Phys. 4. Reihe. 38. Bd., p. 1056; 39. Bd., p. 449; Phys. Z. 1912. p. 1, 311, 793. — [2]) Eine Zusammenfassung der bisherigen Arbeiten über das Relitivitätsprinzip s. Ishiwara, JB. Rad. Elektr. (9. Bd. p. 560. 1912) und eine Einführung in dessen Grundlagen mit mathematisch einfachen Mitteln s. H. Sieveking u. E. Oettinger, Mitt. Ver. Freund. d. Astron. u. Kosm. Phys. 22. Bd. p. 186. 1912. — [3]) Gans, Phys. Z. 1911. p. 806. — [4]) Einstein, Arch. sc. phys. et nat. Ser. 4. T. 30. p. 323. 1911. — [5]) Henrich, Diss. Marburg 1911. — [6]) Koch, Diss. Marburg 1911. — [7]) Burton, Cambr. Proc. Vol. 16. p. 962. — [8]) Russel, Jl. Inst. El. Eng. Vol. 48. p. 257. — [9]) Décombe, J. phys. T. 1. p. 359. 1911; T. 2. p. 181. 1912; Comptes rendus de l'Ac. d. sc. T. 154. p. 191. — [10]) Hochstädter, El. Z. 1910. p. 467. — [11]) Lenz, Ann. Phys. 4. Reihe, 37. Bd., p. 123. — [12]) Vos, Verh. dtsch. phys. Ges. 1912. p. 683. — [13]) Rosa u. Grover, Bull. Bur. Standard. Vol. 8. p. 1. — [14]) Lampa, Wechselstromversuche. Braunschweig 1911. — [15]) Busch, Phys. Z. 1912. p. 615. — [16]) Curtis u. Grover, Bull. Bur. Standards. Vol. 8. p. 495. — [17]) Papalexi, Ann. Phys. 4. Reihe, Bd. 39, S. 976. — [18]) Goddard, Phys. Rev. Vol. 34. p. 149, 423. — [19]) Geipel, Ann. Phys. 4. Reihe, 38. Bd., p. 149—205. — [20]) Hay, Jl. Inst. El. Eng. Vol. 46. p. 487. —

[21]) Nasmyth, JB. drahtl. Telegr. 5. Bd. p. 269—79; 367—77. [22]) Rausch v. Traubenberg, Phys. Z. 1912. p. 415. — [23]) Roschansky, Ann. Phys. 4. Reihe, 36. Bd., p. 281. — [24]) Kiebitz, Verh. dtsch. phys. Ges. 10. Bd. p. 935. 1908; Ann. Phys. 4. Reihe, 32. Bd., p. 967, 974. 1910. — [25]) Braun, JB. drahtl. Telegr. 5. Bd., p. 586. — [26]) Burstyn, El. Z. 1912. p. 615; JB. drahtl. Telegr. 6. Bd., p. 10—3. — [27]) Kiebitz, Verb. dtsch. phys. Ges. 1911. p. 876; JB. drahtl. Telegr. 5. Bd., p. 349—60. — [28]) Sommerfeld, Ann. Phys. 4. Reihe, 28. Bd., p. 665. 1909. — [29]) March, Ann. Phys. 37. Bd. p. 29. — [30]) Hoerschelmann, JB. drahtl. Telegr. 5. Bd. p. 14—34; 188—211. — [31]) Taylor, Jl. Inst. El. Eng. Vol. 47. p. 119. — [32]) True, JB. drahtl. Telegr. 5. Bd. p. 125—73. — [33]) Reich, JB. drahtl. Telegr. 5. Bd. p. 176—88; 253—61. — [34]) Gutton, Jl. phys. T. 2. p. 41—51; Comptes rendus de l'acad. d. sc. T. 153. p. 1002—4. 1911. — [35]) Löwy u. Leimbach, Phys. Z. 1910. p. 697; 1911. p. 1001—1911; 1912. p. 397—403. — [36]) Marx, Ann. Phys. 4. Reihe, 33. Bd., p. 130. 1911. — [37]) Franck u. Pohl, Ann. Phys. 4. Reihe, 34. Bd., p. 936. 1911. — [38]) Laue, Friedrich u. Knipping, Münch. Ak. Ber. 1912. p. 303, 363. — [39]) Ehrenhaft, Phys. Z. 1911. p. 99, u. frühere Arbeiten. — [40]) Regener, Phys. Z. 1911. p. 138. — [41]) Millikan u. Fletcher, Phys. Z. 1911. p. 161, 262; Phys. Rev. Vol. 32. p. 251. — [42]) Przibram, Phys. Z. 1911. p. 62; 1912. p. 106. — [43]) Haber und Just, Phys. Z. 1911. p. 1035. — [44]) J. Robinsons, Philos. Magaz. Ser. 6. Vol. 23. p. 255—63. — [45]) Phys. Z. 1912. p. 276—81; Philos. Magaz. Ser. 6. Vol. 23. p. 542. — [46]) Elster u. Geitel, Phys. Z. 1912. p. 468. — [47]) van der Bijl, Ann. Phys. 4. Reihe, 39. Bd., p. 170. — [48]) Jaffé, Ann. Phys. 4. Reihe, 36. Bd., p. 25. — [49]) Debye, Phys. Z. 1912. p. 96. — [50]) Fournier d'Albe, Proc. Roy. Soc. (Ldn.). Ser. A. Vol. 86. p. 452. — [51]) Kaempf, Phys. Z. 1912. p. 689. — [52]) Gripenberg, Phys. Z. 1912. p. 686—7. — [53]) F. C. Brown, Phys. Rev. Vol. 34. p. 201—34. — [54]) Glatzel, Verh. dtsch. phys. Ges. 1911. p. 778—92; 1912. p. 607—23. — [55]) F. C. Brown, Phys. Rev. Vol. 32. p. 233—9. 1911; Vol. 33. p. 1—26. 1912. — [56]) Pfund, Phys. Z. 1912. p. 507—13. — [57]) Ries, Ann. Phys. 4. Reihe, 38. Bd., p. 721. — [58]) Nernst, Phys. Z. 1911. p. 976. — [59]) Kamerlingh Onnes, Verh. K. Ak. Wetensch. (Amsterd.) Vol. 19. p. 1201, 1479; Vol. 20. p. 1, 75, 192, 1138; Comm. Phys. Lab. Leiden 120b, 122b, 124c. 126; Electrician (Ldn.) Vol. 67. p. 657. 1911. — [60]) Bericht über die Versammlung der Kommission und die Schaffung des Standard-Präparates: Phys. Z. 1912. p. 524—5; Über die Bedeutung eines solchen Normals: Rutherford: Radiumnormalmaße und deren Verwendung bei radioaktiven Messungen. Leipzig 1911. 45 S., vergl. auch A. Debierne in Le Radium T. 9. p. 169—70. — [61]) Marckwald, Phys. Z. 1912. p. 732—3. — [62]) Hönigschmidt, Wien. Ak. Berichte IIa. 120. Bd. p. 1617—52. — [63]) Gray u. Ramsay, JB. Radiokt. u. El. 9. Bd. p. 489—514. — [64]) G. Hoffmann, Phys. Z. 1912. p. 480—5, 1029—34. — [65]) Regener, Verh. dtsch. phys. Ges. 1912. p. 400.

Elektrische Eigenschaften des lebenden Körpers, Elektromedizin.

Eigenschaften des Körpers. Das Studium der elektrischen Eigenschaften des lebenden Körpers hat sich bedeutend vertieft, seidem man durch die Schaffung hochempfindlicher Meßinstrumente (Saitengalvanometer von Einthoven) in die Lage versetzt wurde, minimale Stromschwankungen zu erkennen und dieselben graphisch zu fixieren. In den letzten Jahren hatte sich die Aufmerksamkeit der Forscher hauptsächlich auf die Erforschung der bei der Herztätigkeit auftretenden Aktionsströme konzentriert und es wurden in dieser Hinsicht auch viele praktische Erfolge gezeitigt, die zumal im Verein mit kurzzeitigen Röntgenaufnahmen und der erst jüngst in das Stadium praktischer Verwendbarkeit getretenen Röntgenkinematographie wichtige Aufschlüsse über die Tätigkeit des gesunden und kranken Herzens gaben und noch geben werden[1])[2]). Nicolai war es, der in Gemeinschaft mit Kraus die Elektrokardiographie und ihre Deutung wesentlich förderte.

Neuerdings wendet sich nun die Aufmerksamkeit der Gelehrten in erhöhtem Maße auch dem Studium der Aktionsströme der Skelettmuskeln zu und ergänzt

die eine Zeitlang zu Gunsten der Beobachung der Herzaktion in den Hintergrund getretenen überaus wichtigen physiologischen Studien. Arbeiten von Ishimori[3]) und Samojloff[4]) bilden neben vielen anderen, die hier aufzuzählen, viel zu weit führen würde, eine bedeutende Bereicherung unseres Wissens. Auch das Wesen der Reizleitung im Nervensystem gibt zu den verschiedensten Deutungen Veranlassung und regt zu der experimentellen Erforschung dieser Fragen an, ohne daß jedoch bis heute eine einwandsfreie Deutung gelungen wäre[5]). Für den Techniker und speziell den Elektrotechniker hat jedoch die Erörterung dieser physiologischen Fragen[6]) bei weitem nicht das Interesse als jenes, welches den durch die Elektrizität bedingten Verletzungen[7]), den ersten Hilfeleistungen bei eingetretenen Unfällen und etwaigen apparatuellen Einrichtungen zur Verhütung der ersteren oder Unterstützung der letzteren entgegengebracht werden muß.

Gefahren. So erörterte S. Jellinek[8]) in einem im polytechnischen Verein in München gehaltenem Vortag über gesundheitliche Schädigung durch Elektrizität[9]) die Faktoren, von denen die Gefährlichkeit einer Starkstromanlage abhängig ist und faßte dieselben in zwei Gruppen, nämlich die äußeren Unfallsbedingungen und die individuellen Umstände zusammen. Zu den ersteren zählt die Stromspannung, die den Verunglückten passierende Stromstärke, die Zahl der berührten Pole und die Dauer des Stromdurchganges —Die zweite Kategorie umfaßt die Stromrichtung, d. i. die Verteilung und den Weg, den der elektrische Strom über und durch den menschlichen Körper hinweg nimmt, ferner den Widerstand des Körpers des Verunglückten, den Status somaticus et psychicus und schließlich den sogenannten Artfaktor. Die verschiedenen mannigfaltigen Arten der Verletzungen und ihre Folgen, die mit Rücksicht auf die Unfälle und Unfallversicherungen auch von hoher sozialrechtlicher Bedeutung sind, werden eingehend beschrieben und auch der Tod durch Elektrizität besprochen, der in den allermeisten Fällen nur ein Scheintod ist, der mangels richtiger Hilfeleistung nach kurzer Zeit in definitiven Tod übergeht.

In Fällen, in denen trotz aller Vorsichtsmaßregeln eine schwere Verletzung durch Starkstrom stattgefunden hat, hängt das Leben des Unfallverletzten, wie die Erfahrung lehrt, sehr häufig infolge vorübergehender Lähmung der Atmungsmuskulatur[10]) von einer, längere Zeit konsequent durchgeführten künstlichen Atmung ab. Selbst für den Arzt ist die Durchführung derselben überaus schwierig und anstrengend. Darum ist es mit Freuden zu begrüßen, daß es K. A. Fries (Stockholm)[11]) gelungen ist, einen Atmungsapparat zur Einleitung künstlicher Atmung herzustellen, die deren Vornahme wesentlich erleichtert und sich im technischen Betrieb besonders bei Unfällen durch den elektrischen Strom bereits bewährt hat.[12]) Es handelt sich dabei im wesentlichen um ein Liegebrett und einen leichten, um eine horizontale Achse drehbaren Stahlrahmen. An dem Querarme des Rahmens befinden sich verstellbare Vorrichtungen zum Einschnallen der Arme, während eine breite, gleichfalls einstellbare Binde für die Kompression des Brustkastens bezw. des oberen Teiles der Bauchhöhle dient.

Förderung des Wachstumes. Sehr interessant ist es, daß man mittels hochgespannter Wechselströme auch fördernd auf Wachstum und Leben einzuwirken in der Lage ist. Den Beweis dafür hat der bekannte schwedische Physiker Svante Arrhenius (Stockholm)[13]) erbracht. Durch eine Reihe von Experimenten stellte er fest, daß sowohl die körperliche, wie die geistige Entwicklung von Kindern, die sich während des Schulunterrichtes ständig in einem elektrischen Felde befinden, überaus gefördert wird. Auch die den Unterricht erteilenden Lehrer haben übereinstimmend die Wahrnehmung gemacht, daß ihre Widerstandskraft gegen Ermüdungszustände bei Aufenthalt in diesem Felde in bemerkenswertem Grade zunahm.

Diese Erfahrungstatsachen spielen schon wieder auf das Gebiet der Elektromedizin hinüber, die unter den physikalischen Untersuchungs- und Heilmethoden mit an erster Stelle steht. Von Jahr zu Jahr erweitert sich dasselbe und gibt dem Arzt stets neue Möglichkeiten an die Hand, die Ursachen zahlreicher Leiden zu

ergründen und Mittel und Wege zu deren Bekämpfung aufzufinden.[14]) Die auf Grund theoretischer Erwägungen gesammelten Erfahrungen stellen aber auch dem mit dem Arzt zusammen arbeitenden Techniker immer neue Probleme, die zu lösen eine dankbare Aufgabe erscheint.

Röntgentechnik. Haben wir nun auch eine ständige Entwicklung der Elektromedizin im allgemeinen zu verzeichnen, so ist es doch besonders die Röntgentechnik, die in letzter Zeit gewaltige Fortschritte gemacht hat. Diese erstrecken sich der Hauptsache nach auf zwei Gebiete, das der Einzelschlagaufnahme[16]) und das der Tiefenbestrahlung.[17])

Das Bestreben, Röntgenaufnahmen in immer kürzeren Zeiten zu machen, führte dazu, einen einzigen Induktionsstoß zu Röntgenaufnahmen zu verwerten. Von verschiedenen Konstrukteuren wurde eine von Dessauer[18]) in Vorschlag gebrachte Methode aufgenommen, die eine einmalige Unterbrechung großer Stromstärke, wie sie hierbei für die Magnetisierung des Induktoriums notwendig sind, mit der erforderlichen Abreißgeschwindigkeit durch einen mittels Federkraft aus Quecksilber herausgeschleuderten Bolzen herbeiführte, während der Autor selbst diese Methode verließ und ein neues Verfahren, das sogenannte Patronenverfahren ausarbeitete, bei dem der Primärstrom des Induktoriums in dem Moment, wo er die nötige Stärke erreicht hat, um bei einer einmaligen Unterbrechung einen genügenden Effekt zu geben, durch das explosive Schmelzen eines feinen, mit einer dichten Masse umkleideten und in eine Glashülle eingesetzten Drahtes außerordentlich rasch unterbrochen wird. Auf diese Weise gelingt es, äußerst scharfe Bilder bei einer Expositionszeit von $^1/_{300}$ Sekunde herzustellen.

Die Möglichkeit, so kurzzeitige Aufnahmen zu machen, hat wiederum dazu Veranlassung gegeben, der Röntgenkinematographie erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Von den verschiedenen, für diese Zwecke konstruierten Apparaten sei hier die kinematographische Plattenwechselmaschine von Dessauer und Küpferle[17])[18]) erwähnt, mit der es bereits gelungen ist, von einem einzigen Herzschlag bis zu 6 Bildern in verschiedenen Stellungen, wie auch Bewegungsvorgänge anderer innerer Organe in einer genügenden Anzahl von Einzelaufnahmen derart zu fixieren, daß deren kinematographische Reproduktion uns ein klares Bild der sich im Körperinnern abspielenden Bewegungsvorgänge der betr. Organe liefert.

Um den Verdauungskanal im Röntgenbilde zur Darstellung zu bringen, bedient man sich sogenannter Kontrastmittel, unter denen das bekannteste das Wismut ist. Da es jedoch mitunter giftige Eigenschaften besitzt, sucht man nach Ersatzmitteln, von denen neuerdings Krüger das kolloidale Wolfram[19]) als völlig ungefährlich empfohlen hat.

Die Lagebestimmung von Fremdkörpern einerseits, die plastische Darstellungsmöglichkeit und damit verbundenen größeren Anschaulichkeiten und leichtere Orientierung haben dazu geführt, den stereoskopischen Röntgenaufnahmen[17]) wieder erhöhtes Interesse zuzuwenden und es werden gegenwärtig sogar Apparate für stereoskopische Durchleuchtungen konstruiert.

Der Wirkungskreis der Röntgentherapie wird ebenfalls unablässig ausgedehnt. Dabei muß zur Verhütung der so gefährlichen Röntgenverbrennungen und ihrer Folgen nicht nur auf eine möglichst exakte Dosierung[20]) der Röntgenstrahlen, sondern auch auf einen wirksamen Schutz Rücksicht genommen werden, welch letzterer sich neben dem Patienten in erster Linie auch auf den Operateur zu erstrecken hat.

Zur Erhöhung der Empfindlichkeit der Gewebe für Röntgenstrahlung empfiehlt Christoph Müller[21]), deren Kombination mit Hochfrequenzströmen, besonders in Form der vorherigen Diathermierung, ein Verfahren, das in der von Keating-Hart angeregten Fulguration bereits einen Vorgänger hat.

Aber nicht nur oberflächlich gelegene Krankheitsherde sollen der Röntgentherapie zugängig gemacht werden, auch in der Tiefe der Gewebe müssen die

Röntgenstrahlen ihre Wirkung entfalten können. Es ist dabei dafür zu sorgen, daß wesentlich die penetrierende harte Strahlung benutzt wird, und daß diese die die Krankheitsherde überlagernden gesunden Hautpartien nicht verbrennt. Dieses Problem der Tiefenbestrahlung[22]), das in ausführlicher Weise zuerst in der Deutschen physikalischen Gesellschaft von Dessauer[23]) dargelegt wurde, hat seine Lösung in der Konstruktion verschiedener Apparate für Tiefentherapie gefunden, unter denen die auf verschiedenen Prinzipien beruhenden Apparate des letztgenannten und der Firma Reiniger, Gebbert und Schall (Erlangen) besonders gute Resultate ergaben. Es liegen schon zahlreiche Publikationen vor, die wie jene von Krönig, Gauß, Wetterer und vielen anderen mehr, diesen bedeutungsvollen Fortschritt der Röntgentherapie zumal bei zahlreichen Frauenleiden[17]) würdigen.

Für die Elektromedizin haben die Untersuchungen R. Hruschka's bezüglich der Abhängigkeit der physiologischen Wirkungen eines Stromes von der Polarität eine gewisse Bedeutung, indem sie in Übereinstimmung mit Experimenten von Nernst und Telemann die größere physiologische Wirkung des Stromes an der Kathode einer größeren Ionenhäufung an derselben zuschreiben.

Elektrotherapie. Die von Zanietowski[25]) seit einer Reihe von Jahren in die Elektrodiagnostik eingeführte Kondensatormethode, die auf der Prüfung der Erregbarkeit von Nerven und Muskeln durch Kondensator-Entladungen beruht, hat, nachdem sie bereits auf dem Elektrologen-Kongreß in Barcelona vor zwei Jahren allgemeine Anerkennung und Zustimmung gefunden, zur Konstruktion von Apparaten geführt, die lediglich diesen Zwecken dienen und sich bestens bewähren. Auch auf dem diesjährigen Elektrologen-Kongresse in Prag war die neue Methode Gegenstand lebhafter Erörterungen.

Die von Steffens[26]) mit seiner Antionienbehandlung bei verschiedenen rheumatischen, gichtischen, nervösen, Zirkulations- und Hautleiden erzielten Erfolge werden nun auch von anderer Seite so z. B. von G. Kästner bestätigt. Die Anionentherapie beruht auf der Anwendung der von dem negativen Pol eines Induktoriums ausgehenden elektrischen Entladungen, nachdem diese durch Zwischenschaltung von Kondensatoren in Form kleiner Leydener Flaschen in eine für therapeutische Zwecke geeignete Form umgewandelt sind.

Speziell auf dem Gebiete der Behandlung von Störungen des Blutkreislaufes und insonderheit zur Erniedrigung des erhöhten Blutdruckes scheint dieses Verfahren gegenüber den bisher angewendeten Hochfrequenzströmen (Quantitätsströme) infolge seiner größeren Zuverlässigkeit unleugbare Vorzüge zu besitzen.

Neben einer gewissen Beeinflussung des Stoffwechsels erzeugen Hochfrequenzströme in Form der sogenannten Diathermie oder Thermopenetration[27]) in den von ihnen durchflossenen Geweben in erster Linie Joulesche Wärme, die bei gichtischen und rheumatischen Affektionen sowie zur Behandlung von Neuralgien immer ausgedehntere Anwendung finden.

Mechanische Anwendungen des Stromes. Neben verschiedenen unwesentlichen Neuerungen auf dem Gebiete der medizinischen Elektrolyse, Elektrosterilisation und Ozonerzeugung wäre an dieser Stelle auch der mittelbaren Benutzung des elektrischen Stromes zum Antrieb von Bohrmaschinen für zahnärztliche Zwecke und Massageapparate zu gedenken, die sich von Jahr zu Jahr mehr einbürgert und damit auch zur technischen Vervollkommnung der betr. Apparate führt.[14])

Eine mittelbare Anwendung der Wirkungen des elektrischen Stromes findet auch bei Elektromagneten für Augenärzte statt, unter denen besonders der von der Maschinenfabrik Oerlikon nach Angabe des Ophthalmologen Haab (Zürich) fabrizierte Spezialmagnet zum Entfernen von Fremdkörpern aus dem Auge erwähnt sei,[28]) der eine bedeutende Zugkraft entwickelt und sich durch seine leichte Handhabung auszeichnet.

Bestrahlung Die besondere Heilkraft, welche Höhensonnenbäder bei Lungenleiden, tuberkulösen Fisteln, schlecht heilenden Geschwüren, Hautausschlägen usw., wie dies besonders aus Berichten über erfolgreiche Kuren in dem etwa 1500 m hoch gelegenen Leysin (französ. Schweiz) hervorgeht, ausüben, wird ihrem relativ großen Gehalt an ultravioletten Strahlen zugeschrieben. Eine ausgezeichnete Quelle für solche ultraviolette Strahlen, die einen vollwertigen Ersatz für solche Höhensonnenbäder zu schaffen scheint, ist die medizinische Quarzlampe[29]), die außerdem noch das von ihr entwickelte Ozon durch Einatmung therapeutisch zu verwerten gestattet.

Radium und Thorium. Zur Vervollständigung dieser kurzen Übersicht sei weiter bemerkt, daß im abgelaufenen Jahr als Ersatzmittel für Radium auch Versuche mit Thorium und Thoriumemanation [30]) gemacht wurden. Während beim Radium die Emanation unmittelbar aus diesem hervorgeht, schieben sich zwischen das Thorium und seine Emanation vier Zerfallprodukte, nämlich Mesothorium I und II, Radiothorium und Thorium X ein. Die Thoriumemanation ist ferner viel kurzlebiger als die Radiumemanation. Die biologischen und therapeutischen Wirkungen des Thoriums und seiner Zerfallprodukte decken sich im allgemeinen mit denen des Radiums, nur scheinen sie nach mancher Hinsicht energischer zum Ausdrucke zu gelangen, weshalb bei ihrer Anwendung entsprechende Vorsicht geboten erscheint.

Lehrbücher. Schließlich wären noch unter den im verflossenen Jahr erschienenen Lehrbüchern der Leitfaden der Elektrodiagnostik und Elektro-Therapie von Toby Cohn[31]), sowie der zweite Teil des zweiten Bandes des umfassenden Handbuches der gesamten medizinischen Anwendungen der Elektrizität, herausgegeben von H. Boruttau und L. Mann[32]) hervorzuheben.

[1]) Trendelenburg, Wilhelm: Über die zeitlichen Beziehungen der Refraktärphase des Herzens zu seinem Aktionsstrom. Pflügers Arch. 1912. 144. Bd. 1/2. p. 39—50. — [2]) Samojloff, A.: Über die Latenz der elektrischen Reaktion des Froschherzmuskels bei Doppelreizen. Pflügers Arch. 1912. 147. Bd. 6/7. p. 249—70. — [3]) Ishimori, K.: Pflügers Arch. 1912. 143. Bd. 11/12. p. 560—66. — [4]) Samojloff, A.: Pflügers Arch. 1912. 143. Bd. 11/12. p. 453—500. — [5]) Wilke, E.: Pflügers Arch. 1912. 144. Bd. 1/2. p. 35—8. — [6]) Weiß: Bull. Soc. Int. Eléctriciens. T. I. 1911, 8. p. 417—36. — [7]) Guéry: Bull. Soc. Int. Eléctriciens. T. I. 1911. 8. p. 499—502. 2 fig. — [8])Jellinek, S.: Z. Schwachstrom. 1912. 12 p. 329—32. — [9]) Loeb, J. und Beuttner, R.: Biochem. Z. 1912. 44. Bd. 5/6. p. 307—17. — [10]) El. Z. 1912. 39. p. 1015. — [11]) Fries: Z. Schwachstrom. 1912. 7. p. 178—9. — [12]) Müller, Christoph: El. Rev. (Chic.) Vol. 60. 4. p. 182—3. — [13]) Arrhenius: Zeitschr. Schwachstromtechn. 1912. 7. p. 173. — [14]) Cohn, Toby: El. Engineer. Vol. 48. 1911. 14. p. 415; Janus u. Ebert: El. Obz. III. Jahrg. 4. p. 40—4; 1. p. 5—8; 2. p. 15—18; Muck, O.: Med. Klinik 1912, 22. p. 923; Heber, Georg: El. Anz. 1912. 70. p. 899—900; 73. p. 939—40. — [15]) Frankenstein, J.: Verh. dtsch. Röntgengesellsch. 1911. 12. Bd. p. 147—8; Holtusen, Hermann: Fortschritte d. Röntgenstrahlen. 1911. 17. Bd. 6. p. 376—84; Merkel, H.: Fortschr. d. Röntgenstrahlen. 1911. 17. Bd. 6. p. 374—6. 2 ill.; Bragg, W. H. und Porter, H. L.: Proc. Roy. Soc. (Ldn.) Ser. A. Vol. 85. p. 349—65. — [16]) El. Rev. (Chic.) Vol. 59. 1911. 21. p. 1054. — [17]) Der VIII. Kongreß der Deutschen Röntgengesellschaft Berl. Lokalanzgr. 1912, 14. April; Dohan, N.: Verh. dtsch. Röntgengesellsch. 1911. 7. Bd. p. 176—7. — [18]) Dessauer, Fr.: Arch. f. phys. Med. u. med. Technik. 7. Bd. Heft 2. 1912. p. 152—66. — [19]) Krüger, R.: Med. Klinik, 1912. 35. p. 1911. — [20]) Klingelfuß, Fr.: Verh. dtsch. Röntgengesellsch. 1911. 7. Bd. p. 120—9; Christen, Th.: Fortschr. d. Röntgenstrahlen 1912. 18. Bd. p. 149—54. — [21]) Müller, Christoph: Fortschr. d. Röntgenstrahlen, 1912. 18. Bd. 3. p. 225—31. — [22]) Dessauer, Fr.: Arch. f. phys. Medizin u. med. Technik. 1912. 7. Bd. Heft 1. p. 35. — [23]) Dessauer, Fr.: Eine neue Anwendung der Röntgenstrahlen. Verhandl. der deutschen physikalischen Gesellschaft. 9. Jahrg. Nr. 3. — [24]) Hruschka, R.: El. Masch.-Bau. 1912. 37. p. 711. 1 fig. — [25]) Zanietowski: Z. med. Elektrolog. 1912. 14. Bd. 1. p. 1—17. — [26]) Steffens, P.: Zur Technik der Anionenbehandlung. Deutsche

med. Wochenschrift Nr. 39, 1912. — [27]) Herzer: Korrespondenzblatt d. Schweiz. Ärzte 1912. 27. p. 1027—32; Rautenkranz, J.: El. Obz. 3. Jahrg. 1912. 21. p. 249—59. — [28]) El. Anz. 5. p. 55; Cosmos. 60. An. 1911. 1398. p. 543—4. — [29]) El. Anz. 1912. 34. p. 433—5. — [30]) Gudzent, F.: Berl. Klin. Wochenschrift 1912. 38. p. 1785—9. — [31]) Cohn, Toby: Leitfaden der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie für Praktiker und Studierende. Auflage Lex. VIII. 212. p. 65 ill. 6 Tafeln. Berlin. S. Karger, 1912. — [32]) Boruttau u. Mann: Handbuch der gesamten medizinischen Anwendungen der Elektrizität. 2. Bd. Leipzig, 1911. Verlag v. Dr. Werner Klinkhardt.

XVIII. Erdströme, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Prof. Sigw. Ruppel, Frankfurt a. Main.

Der Elektrizitätshaushalt der Erde erfordert die Erzeugung großer Elektrizitätsmengen, deren Entstehung man durch die Ionisierung bei der Bodenatmung (Durchgang der Luft durch die Kapillaren des Erdbodens), durch die in der Luft enthaltenen radioaktiven Stoffe und die sogenannte „durchdringende Strahlung“ erklärt. Welche Elektrizitätsmengen durch diese Wirkungen erzeugt werden, ist noch nicht entschieden.

Auch wie weit Beziehungen zwischen dem Potentialgefälle und den meteorologischen Elementen (Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Windstärke) bestehen, wird verschieden beurteilt. Kähler[1]) findet enge Beziehungen zwischen dem Potentialgefälle und fast allen meteorologischen Elementen.

Auch zwischen der erdmagnetischen Feldintensität und dem Potentialgefälle wurden Zusammenhänge nachgewiesen. Gockel[2]) fand Übereinstimmung zwischen den täglichen und jährlichen Veränderungen der magnetischen Horizontal- und Vertikalintensität und dem Potentialgefälle; ebenso fand er Zusammenhang zwischen den Erdströmen, den magnetischen Elementen und zwischen dem Erde-Luftstrom.

Über die Entstehung der Blitze stellt Steinmetz[3]) die Hypothese auf, daß es sich nicht um eine Entladung zwischen weit auseinander liegenden Punkten sehr hoher Spannung handelt, sondern um eine große Zahl schnell aufeinander folgender Entladungen zwischen räumlich nicht sehr weit getrennten Punkten. Diese Ansicht steht im Widerspruch mit den Beobachtungen von Walter[4]), der durch seine Aufnahmen von Blitzen mit bewegter Kamera gezeigt hat, daß die Bahn des Blitzes durch stoßweise aufeinander folgende Vorentladungen gebildet wird, die sämtlich von derselben Stelle ausgehen. In dem durch sie gebildeten Kanal verläuft die Hauptentladung.

Die Entstehung von Blitzschlägen und Hagel wollen Beauchamp[5]) bezw. Negrier verhindern durch hohe Kupferblitzableiter mit vergoldeten Spitzenbüscheln, und Erdleitungen aus mehreren Bändern mit versilberten Spitzen, die in das Wasser von Brunnen geführt sind. Durch eine Reihe solcher hohen Ableiter etwa im Abstand von zehn zu zehn Kilometer sollen ganze Gebiete vor Hagelschlag und Gewitter geschützt werden. Das Komitee zur Abwehr des Hagels unterstützt diese Versuche, denen man genau so wie früher den Versuchen von Lapostolle (1820) und Tholar große Erfolge nachrühmt, obwohl einwandsfreie Beweise hierfür durchaus nicht vorhanden sind. Gute Blitzableiter an Fabrikschornsteinen und Kirchtürmen müßten die gleiche Wirkung ausüben.

Während man in Frankreich von neuem den vorbeugenden Schutz der Blitzableiter aufgreift, wird im allgemeinen in Deutschland die praktische Gestaltung der Gebäudeblitzableiter weiter ausgebildet. Durch Untersuchungen an einem

umfangreichen Material stellt Ruppel[6]) fest, daß die Einschlagstellen sich in bestimmter Weise gruppieren und empfiehlt zur Verminderung des Blitzschadens die Herstellung einfachster Blitzableiter auf Grund der Leitsätze des Elektrotechnischen Vereins. Hüper[7]) bringt Angaben und Beispiele über den Bau der Eisen-Blitzableiter für das Schleswig-Holsteinsche Gebiet.

Da trotz scheinbar gut angelegter Blitzableiter große Schäden bei Schlägen in Pulverfabriken stattfanden, stellen Rinkel und Hagen[8]) Versuche, allerdings in kleinem Maßstabe an, aus denen sie eine Ausführung der Blitzableiter für Pulverfabriken herleiten, die von den Vorschlägen des Elektrotechnischen Vereins abweicht.

[1]) Kähler, Ann. Physik. Beibl. 1911, p. 1233. — [2]) Gockel, Phys. Ztschr. 1911, p. 1046. — [3]) Steinmetz, El. Maschb. Wien. 1911, p. 860. — [4]) Walter, JB. d. Hamburg. Wissensch. Anst., 27. Bd., 1909. — [5]) Serve, Génie civil. 31, 1911, 59, p. 446. — [6]) Ruppel, Vereinfachte Blitzableiter, Springer, Berlin. — [7]) Hüper, Der Blitzschutz. Müller, Kiel. — [8]) von der Hagen, Z. ges. Schieß- und Sprengstoffwesen 1911. p. 162.

Alphabetisches Namenregister.

Alphabetisches Sachregister.

Druck von Paul Dünnhaupt, Cöthen i. Anh.